

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAQUEL ANDRADE SÁ

Trichoderma NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DA CULTURA DA SOJA (*Glycine
max* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2020

RAQUEL ANDRADE SÁ

Trichoderma NA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* L.) EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

Tese apresentado à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht

Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Andrade Sá, Raquel

Trichoderma na promoção de crescimento da cultura da soja (Glycine max L.) em diferentes condições edafoclimáticas. / Raquel Andrade Sá; orientador Antonio Carlos Torres da Costa; coorientador Leandro Paiola Albrecht. -- Marechal Cândido Rondon, 2020.

59 p.

Tese (Doutorado Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.

1. Agronomia. 2. Soja. 3. Microrganismos. 4. Crescimento. I. Torres da Costa, Antonio Carlos, orient. II. Paiola Albrecht, Leandro, coorient. III. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

RAQUEL ANDRADE SÁ

Thichoderma na promoção de crescimento da cultura da soja (*Glycine max L.*) em diferentes condições edafoclimáticas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Orientador - Antonio Carlos Torres da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Odair José Kuhn

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

José Renato Stangarlin

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Odair Alberton

Universidade Paranaense - UNIPAR - Campus de Umuarama (UNIPAR)

Luciana Grange

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Marechal Cândido Rondon, 27 de fevereiro de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, misericordioso e fonte de todas as bênçãos e graças na minha vida.

A toda a minha família que sempre me apoiaram e incentivaram.

Agradeço em especial ao professor Dr. Antonio Carlos Torres da Costa, por sua orientação, ajuda, paciência e compreensão.

A todos os professores desta instituição, pela atenção, ajuda e ensinamento.

E a todos aqueles que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu pudesse alcançar mais uma conquista, muito obrigada.

RESUMO

SA, Raquel, A. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2020. ***Trichoderma* na promoção de crescimento da cultura da soja (*Glycine max* L.) em diferentes condições edafoclimáticas.** Orientador: Antonio Carlos Torres da Costa. Coorientadores: José Barbosa Duarte Júnior e Leandro Paiola Albrecht.

Dentre os microrganismos com ação na promoção de crescimento, o fungo do gênero *Trichoderma* está entre os principais, influenciando positivamente na germinação de sementes, no desenvolvimento e rendimento da cultura, tendo grande importância econômica para a agricultura. Com o objetivo de avaliar o potencial do *Trichoderma* na promoção de crescimento da cultura da soja em diferentes condições edafoclimáticas, instalou-se quatro ensaios, realizados nas cidades de Ponta Grossa-PR, Céu Azul-PR, Dourados-MS e Primavera do Leste-MT, na Safra 2018/2019. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições, utilizando-se as cultivares TMG 7062 IPRO. Os tratamentos utilizados foram: testemunha absoluta, testemunha positiva (produto comercial a base de três espécies de *Trichoderma*: *T. harzianum*, *T. asperellum* e *T. koningiopsis*) e duas espécies de *Trichoderma*, *T. endophyticum* e *T. koningiopsis*, ambas na concentração de 1×10^9 UFC/g, com quatro doses: 50; 100; 150 e 200 g ha⁻¹, aplicados via tratamento de sementes e aplicação aérea, no estágio V6 e R1. Concluiu-se que os tratamentos *T. endophyticum* na dose de 100 g ha⁻¹ e *T. koningiopsis* na dose de 150 g ha⁻¹, aplicados à cultura da soja via inoculação de sementes e via foliar foram capazes de promover aumento da produtividade da cultura.

Palavras-chave: *T. endophyticum*, *T. koningiopsis*, *T. harzianum*, *T. asperellum*

ABSTRACT

SA, Raquel, A. State University of Westem Paraná, february de 2020. ***Trichoderma* in promoting the growth of soybean (*Glycine max* l.) in different edaphoclimatic conditions.** Advisor: Antonio Carlos Torres da Costa. Co-Advisors: José Barbosa Duarte Júnior e Leandro Paiola Albrecht.

Among the microorganisms acting on growth promotion, the fungus of the genus *Trichoderma* is among the main ones, positively influencing seed germination, crop development and yield, having great economic importance for agriculture. In order to evaluate under different edaphoclimatic conditions the potential of two *Trichoderma* species as growth promoter in soybean (*Glycine max* L.), four studies were carried out in the cities of Ponta Grossa-PR, Céu Azul-PR. , Dourados-MS and Primavera do Leste-MT, in the 2018/2019 harvest. The statistical design used was randomized blocks, with ten treatments and four replications, using the cultivars TMG 7062 IPRO. The treatments used consisted of: absolute control (absence of product, ie without inoculation of biological product), positive control (commercial product based on three *Trichoderma*: *T. harzianum*, *T. asperellum* and *T. koningiopsis*) and two species. *Trichoderma*, *T. endophyticum* and *T. koningiopsis*, both at a concentration of 1×10^9 UFC/g, with four doses: 50; 100; 150 and 200 g ha⁻¹. The treatments were applied via seed treatment and in two foliar applications, at stage V6 and R1, Fehr & Caviness (1977). A syrup volume of 500 mL 100 kg⁻¹ was applied to the soybean seeds, and the foliar treatments were used a syrup volume of 200 L ha⁻¹. Under the conditions in which the study was developed, it can be concluded that the T treatments endophyticum at 100 g ha⁻¹ and *T. koningiopsis* at 150 g ha⁻¹ applied to soybean culture via seed and leaf inoculation were able to promote an increase in crop.

Keywords: *T. endophyticum*, *T. koningiopsis*, *T. harzianum*, *T. asperellum*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Ponta Grossa/Pr.23
- Figura 2.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Céu Azul/Pr. 24
- Figura 3.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Dourados/MS. . 24
- Figura 4.** Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Primavera do Leste/MT. 25

INDICE DE TABELAS

- Tabela 1.** Característica química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, 2018. 26
- Tabela 2.** Característica física do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, 2018. 26
- Tabela 3.** Período de avaliação do experimento (instalação e colheita) nas quatro localidades, Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, safra 2018/2019. .. 27
- Tabela 4.** Descrição dos tratamentos e doses aplicadas nas quatro regiões nas quatro localidades, Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, safra 2018/2019. 28
- Tabela 5.** Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Ponta Grossa – PR. Safra 2018/2019. 31
- Tabela 6.** Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Céu Azul – PR. Safra 2018/2019. 32
- Tabela 7.** Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Dourados – MS. Safra 2018/2019. 32
- Tabela 8.** Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Primavera do Leste – MT. Safra 2018/2019. 33
- Tabela 9.** Número e massa seca (MS) de nódulos por planta, em avaliação realizada no início do florescimento na cultura da soja, na cultivar TMG 7062 IPRO. Safra 2018/2019. 35
- Tabela 10.** Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Ponta Grossa/Pr. Safra 2018/2019. 36

Tabela 11. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Céu Azul/PR. Safra 2018/2019.....	37
Tabela 12. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Dourados/MS. Safra 2018/2019.....	39
Tabela 13. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Primavera do Leste/MT. Safra 2018/2019.....	41
Tabela 14. Resumo do quadro de análise de variância conjunta.....	45
Tabela 15. Análise conjunta da produtividade (kg ha^{-1}) dos municípios de Ponta Grossa/Pr, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT. Safra 2018/2019.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Cultura da soja.....	14
2.2 Aspectos gerais do gênero <i>Trichoderma</i>	15
2.3 Ação do <i>Trichoderma</i> como promotor de crescimento.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Caracterização da área experimental.....	22
3.2 Delineamento experimental.....	26
3.3 Preparo dos produtos à base de <i>Trichoderma</i>	26
3.4 Implantação e manejo do experimento.....	27
3.4 Variáveis avaliadas.....	29
3.4 Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÕES.....	48
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A influência de microrganismos, bactérias e fungos, para o aumento do crescimento vegetal é ampla, agindo na germinação, emergência, crescimento e na produção de grãos. A utilização de microrganismos como promotores de crescimento é uma das alternativas viáveis para o mundo, principalmente pelo fato da preocupação na redução de fertilizantes mineiras e no desenvolvimento agricultura sustentável (MACHADO et al., 2012).

A aplicação de microrganismos nos cultivos agrícolas requer avaliação da compatibilidade microrganismo-hospedeiro, já que sua morfologia e a produção de metabólitos secundários específicos podem conferir a eles certa especificidade por espécie de planta (BERG, 2009).

Entre os microrganismos com ação na promoção de crescimento, o fungo do gênero *Trichoderma* está entre os principais, influenciando positivamente na germinação de sementes, melhoria na nutrição e no desenvolvimento e rendimento nas culturas, tendo grande importância econômica para a agricultura. Esta ação é em função da produção de substâncias promotoras de crescimento (OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2012, CHAGAS et al., 2016). Além da ação na promoção de crescimento, o *Trichoderma* atua como agente no controle de doenças e como indutor de resistência em várias plantas cultivadas (CONTRERASCORNEJO et al., 2009; SANTOS et al., 2012; SILVA et al., 2012; ASUMING-BREMPONG, 2013).

O gênero *Trichoderma* favorece o desenvolvimento da planta em condições de estresse abiótico, através da produção da enzima aminociclopropano-1-carboxilato deaminase, a qual degrada ACC, precursor do etileno. O etileno é uma molécula que regula o crescimento vegetal estando em baixas concentrações, porém sua produção pode ser aumentada em condições de estresse. A enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) encontrada em muitos micro-organismos promotores de crescimento pode promover uma proteção significativa das plantas contra níveis elevados de etileno (GLICK, 2012).

Trichoderma spp. pode ser utilizado na inoculação de sementes (HARMAN, 2000) contribuindo para o pioneirismo do fungo nessa estrutura (CHAO et al., 1986). A capacidade do fungo em colonizar as raízes é um fator fundamental para sua interferência no crescimento e na produtividade da planta (HARMAN, 2000; SAMUELS, 2006). Kleifeld e Chet (1992) verificaram que aplicação de *Trichoderma* spp. aumentou significativamente a porcentagem de germinação, o peso seco de plântulas e a área foliar de plantas de pimentão.

Hoje a comercialização de produtos formulados de fungo *Trichoderma* visa sua ação como agente de biocontrole e na promoção de crescimento, fatores que contribuí para o aumento de pesquisas sobre este microrganismo, devido aos seus diversos mecanismos de ação para proteger as plantas contra microrganismos prejudiciais ou melhorar a absorção e disponibilização de nutrientes importantes para o desenvolvimento vegetal (MACHADO et al., 2012). Além da ação como agentes de biocontrole, diversas espécies de *Trichoderma* podem atuar como estimuladores de germinação, emergência e crescimento vegetal.

O sucesso do emprego desses fungos depende do seu crescimento, colonização e sobrevivência nos ambientes onde são aplicados. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do *Trichoderma* na promoção de crescimento da cultura da soja em diferentes condições edafoclimáticas,

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da soja

A soja, de acordo com sua classificação botânica é uma dicotiledônea, pertence à família Fabaceae, gênero *Glycine* L., espécie *max*, sendo uma planta herbácea, anual, com fecundação autógama, com crescimento indeterminado e determinado (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2019).

Planta originária da Ásia, a soja (*Glycine max* L.) é uma planta da família das leguminosas, e sua utilização foi difundida a partir do ano de 1739 na Europa e em 1765 nos Estados Unidos. No Brasil iniciou seu cultivo na Bahia, por volta de 1882, depois São Paulo e posteriormente Rio Grande do Sul, sendo que neste período a finalidade da produção era para alimentação humana e somente a partir da década de 1960 que inicia as primeiras lavouras comerciais, coincidindo com a grande demanda mundial por óleo e proteína (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Fonte de divisas para o Brasil, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) na safra 2018/2019 o Brasil produziu 114,843 milhões de toneladas de soja em grãos, uma redução de 3,6% na safra 2017/2018. Em relação as exportações, o País está entre os três principais Produtores e Exportadores dessa cultura, com uma exportação e produção menores em 2019, os embarques do complexo soja (grão, farelo e óleo), principal produto da pauta de exportações do Brasil, reduziu para 32 bilhões de dólares neste ano, antes um recorde de 40,9 bilhões de dólares em 2018 (CONAB, 2019).

De acordo com a CONAB (2019) os principais estados produtores da safra 2018/19 foram: Mato Grosso (28% da produção), Rio Grande do Sul (16% da produção), Paraná (14% da produção), Goiás (10% da produção) e Mato Grosso do Sul (7% da produção).

Aumento de produtividade na cultura da soja está diretamente relacionada com a disponibilidade hídrica, temperatura, fotoperíodo e a fertilidade do solo (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A demanda hídrica da cultura aumenta progressivamente com o desenvolvimento da cultura, atingindo a demanda máxima no florescimento e enchimento de grãos, decrescendo após esse período, sendo os períodos críticos a fase de germinação/emergência e floração/enchimento de grãos, com necessidade hídrica total no seu ciclo entre 450 a 800 mm (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

A temperatura ideal para o desenvolvimento da soja está em torno de 30°C, podendo ter variação até 20°C, se atentando para a temperatura do solo que deve estar acima de 20°C no momento da semeadura (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

O fotoperíodo (comprimento do dia) é outro fator que interfere na produtividade, sendo variável entre as cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, sendo considerada uma cultura de dia curto (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Os componentes de rendimento da soja são classificados em primário e secundário, sendo o primário o número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso de grão, que é expresso em peso de mil grãos, e o secundário considera as características morfológicas/anatômicas (número de nós, distribuição de vasos condutores, quantidade de ramificações) e a fisiológica (taxa fotossintética e respiração) (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Os fatores de rendimento são expressados quando a planta encontra as condições edafoclimáticas favoráveis e com adoção de um correto manejo, como a escolha de sementes saudáveis, manejo nutricional, controle de pragas, doenças e plantas invasoras (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007), como também a utilização de produtos à base de microrganismos (bactérias e fungos) que atuam como promotores de crescimento de plantas, contribuindo para incremento em produtividade, sendo uma alternativa econômica e ecologicamente correta.

Entre os microrganismos utilizados como promotores de crescimento, o fungo *Trichoderma* spp. vem sendo amplamente estudado, motivo pela qual atua tanto como agente de biocontrole como na indução do crescimento vegetal.

2.2 Aspectos gerais do gênero *Trichoderma*

O gênero *Trichoderma*, pertence à classe dos Sordariomycetes, ordem Hypocreales, Família Hypocreaceae, reproduz assexuadamente, fungo de vida livre, encontrado em solos de regiões de clima temperado e tropical, tipicamente saprófita, podendo ser também micoparasita, possui uma capacidade adaptativa elevada, com grande potencial de dispersão por meio dos conídios, produzidos nos conidióforos, formadas diretamente das hifas vegetativas (ANVISA, 2019; MACHADO et al., 2012; AZEVEDO, 1998). Utiliza amplo espectro de compostos com fonte única de carbono e nitrogênio, colonizando solos ácidos, solos úmidos e levemente básicos (CORABI-ADELL, 2004).

Segundo Morandi e Bettiol (2009), existe no mercado diferentes formulações de *Trichoderma* com a finalidade de proteger ou aumentar a produtividade de culturas de

relevância econômica no Brasil e outros países. No entanto, apesar de disponíveis estes produtos biológicos nem sempre apresentam a qualidade adequada, o que colabora com as dificuldades de sua produção e aplicação em larga escala

Fatores ambientais podem afetar a ação do *Trichoderma* como promotor de crescimento como a umidade, a disponibilidade de nutrientes, o pH, a temperatura e a textura do solo, porém é variável conforme a espécie.

Dentre os fatores que interferem sobre a ação do fungo *Trichoderma*, a temperatura se destaca, pois, possui grande influência na distribuição das espécies de *Trichoderma*. Espécies de regiões frias, como *Trichoderma oiride*, *Trichoderma polysporum* (DANIELSON; DAVEY, 1973) e *Trichoderma minutisporum* (SAMUELS, 2006) apresentam temperatura ótima de desenvolvimento ao redor de 7°C. Já *Trichoderma koningii* e *Trichoderma hamatum* suportam até 35°C; *Trichoderma harzianum*, 38°C e *Trichoderma pseudokoningii* e *Trichoderma satwnisporum*, 40°C. Essas espécies são mais comuns em regiões de clima tropical, suportando uma maior amplitude de variação de temperatura, conseqüentemente são as que possuem maior distribuição.

Em relação à umidade, em condições de solo bastante seco e extremamente úmido à relatos que a atividade deste microrganismo é reduzida, tendo como condições ideais solos ligeiramente úmido, com condições ótimas entre 18 24% de umidade (EASTBURN; BUTLER, 1991). Para o fator pH o desenvolvimento é favorecido em condições mais ácida, com valores próximo a 5,0 (DANIELSON; DAVEY, 1973).

2.3 Ação do *Trichoderma* como promotor de crescimento

O crescimento das plantas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, sendo esses fatores utilizados nos cultivos para alterar benéficamente a produtividade (BERG, 2009).

Estudos ao longo dos anos vêm demonstrando que bactérias e fungos são capazes de manter uma interação com as plantas hospedeiras, promovendo o crescimento bem como suprimir fitopatógenos (AMBARDAR; VAKHLU, 2013) dentre eles o fungo do gênero *Trichoderma*.

Com elevada capacidade de reprodução, de sobrevivência sob condições desfavoráveis, à eficiência na utilização de nutrientes, a capacidade de modificar a rizosfera, à forte agressividade contra fungos fitopatógenos, a eficiência na promoção do crescimento de plantas e desenvolvimento de mecanismos de defesa de plantas, contribui para o sucesso da

utilização de espécies do gênero *Trichoderma* como agentes de biocontrole (BENÍTEZ et al., 2004).

Os agentes de biocontrole mais comuns são as cepas de *T. virens*, *T. viride* e *T. harzianum*, eficientes no controle da podridão parda na cultura do cacau, causadas pelos fungos *Phytophthora megakarya* e *Phytophthora palmivora* (MPIKA et al., 2009); o *T. asperellum* no controle do fungo *Thielaviopsis paradoxa*, que causam a podridão abacaxi (WIJESINGHE et al., 2011). Outros gêneros de fungos fitopatogênicos, *Armillaria*, *Botrytis*, *Chondrostereum*, *Colletotrichum*, *Dematophora*, *Diaporthe*, *Endothia*, *Fulvia*, *Fusarium*, *Fusicladium*, *Helminthosporium*, *Macrophomina*, *Monilia*, *Nectria*, *Phoma*, *Phytophthora*, *Plasmopara*, *Pseudoperonospora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Venturia*, *Verticillium* também são controlados por este fungo (MONTE & LOBELL, 2003).

Além de serem utilizados em controle de patógenos, os fungos do gênero *Trichoderma* são também empregados como agentes promotores do crescimento de plantas, mecanismo se refere ao desenvolvimento das plantas de forma geral, incluindo os efeitos benéficos na germinação das sementes, emergência e desenvolvimento das plântulas e produção de grãos e frutos (MONTE & LOBELL, 2003), podendo ser utilizadas para tratamento de sementes, explantes e mudas micropropagadas, incorporadas ao substrato de plantio, tratamento de estacas, tubérculos e raízes e pulverizações na parte aérea (MPIKA et al., 2009; MARIANO, et al., 2004).

Estudos tem demonstrados aumentos significativos, com aplicação do fungo *Trichoderma*, na germinação precoce de sementes, no peso seco, na altura de plantas e no estímulo das raízes laterais (MELO, 1996; CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009), atuando como bioestimulantes do desenvolvimento radicular, através da produção de fitohormônios, contribuindo para maior assimilação de nutrientes, aumentando a resistência da planta a fatores bióticos desfavoráveis (HARMAN, 2000; HARMAN et al., 2004).

Na ação sobre os elementos minerais presentes no solo, o *Trichoderma* solubiliza os nutrientes tornam-se disponíveis para a absorção pelas raízes, desta forma, reduzindo a necessidade de adubação, fenômeno que desperta o interesse para ampliar as pesquisas com estes fungos (SANTOS, 2008).

O sucesso do controle de fitopatógenos e como promotor de crescimento vegetal por bioagentes dependerá das propriedades e mecanismos de ação desenvolvidos pelo microrganismo (SANTOS, 2008).

Já se conhece os mecanismos de ação do *Trichoderma* envolvendo o controle biológico, porém os mecanismos de ação deste agente na promoção de crescimento de

plantas, quando na ausências de fitopatógenos são pouco esclarecidos (POMELLA e RIBEIRO, 2009). Pesquisa realizada por Altomare et al. (1999) na promoção de crescimento de plantas *in vitro* promovida por *T. harzianum*, está na sua capacidade de solubilizar importantes nutrientes para a planta. Também há estudos que comprovam o efeito como promotores de enraizamento em estacas de *Eucalyptus* sp. (FORTES et al., 2007), produtores de ácido indol-acético (AIA) e solubilizadores de fosfato (OLIVEIRA et al., 2012).

A ação na promoção de crescimento das plantas, mediada pelo micoparasita, está diretamente relacionada com as alterações no padrão de expressão de proteínas do metabolismo energético durante a interação *Trichoderma* e planta hospedeira. Análises do proteoma da interação pepino e *T. asperellum*, mostraram que genes e proteínas envolvidas no metabolismo energético e fotossíntese tiveram expressão aumentada, bem como produtos de resposta de defesa, sugerindo que T22 promove o aumento do crescimento da planta, pelo menos em parte por que os sistemas respiratórios são superexpressos e assim aumentam a energia para o crescimento da planta (SHORESH & HARMAN, 2008).

A ação de *Trichoderma*, como estimulador do crescimento, Segundo Baugh e Escobar (2007), é complexa, realizada por interações de fatores bioquímicos e produção de diversas enzimas e compostos benéficos, incluindo:

- Processamento de nutrientes essenciais para a planta, como nitrogênio, fósforo, cálcio, cobre, molibdênio, magnésio, zinco, ferro, de maneira que são absorvíveis pelas raízes das plantas e móveis dentro do sistema da planta;
- Ajuda a equilibrar a absorção de água,
- Concorrência com organismos patogênicos para água e nutrientes, a biorremediação de produtos químicos orgânicos tóxicos, como hidrocarbonetos, fungicidas e pesticidas.

A atuação na promoção de crescimento de plantas tem sido relacionada à fatores de crescimento ou produção de hormônios, maior eficiência no uso e de aumento da disponibilidade e absorção de nutrientes pela planta.

Estudos que avaliaram o papel da auxina na regulação do crescimento e desenvolvimento de plântulas de *Arabidopsis thaliana* em resposta à inoculação com *T. virens* e *T. atroviride*, mostraram a capacidade desses dois isolados em alterar a arquitetura do sistema das raízes em plântulas com nove dias, aumentando também a quantidade de raízes laterais (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009). Quando analisada a interação entre *T. asperellum* T203, e plantas de pepino em sistemas axênicos, Yedidia et al., 2003 demonstraram o aumento da raiz dessas plantas.

Ambos os estudos concluíram que essa interação planta-*Trichoderma*, gera a promoção de absorção aumentada de nutrientes, visto que conseqüentemente gera um aumento na quantidade de raízes laterais, promovendo elevação nas taxas de fotossíntese em suas folhas, fazendo com que a planta eleve sua taxa de crescimento. Além disso, foi demonstrado que este gênero participa na decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, contribuindo para a disponibilização de nutrientes para as plantas (SHORESH & HARMAN, 2008).

As linhagens de *Trichoderma* eficientes na promoção de crescimento de plantas hospedeiras são as capazes de estabelecer interações duradouras com a planta, como as rizosfera-competentes e endofíticas, pois os efeitos benéficos perduram por todo ou grande parte do ciclo de vida da planta (HARMAN, 2000). A penetração do tecido radicular por *Trichoderma* nas camadas mais externas de células faz com que seja criada uma zona de interação química na qual a planta e o fungo se comunicam por troca de moléculas bioativas (HARMAN et al., 2004). Essas moléculas incluem elicitores de resposta de defesa, como genes homólogos aos de avirulência –Avr produzidos pelo fitopatógeno, proteínas com ou sem funções enzimáticas, oligossacarídeos e outros compostos de baixa massa molecular (HARMAN et al., 2004). Também atuam na indução da resposta de defesa e protegem a planta contra uma subsequente infecção por fitopatógenos.

Algumas linhagens de *Trichoderma* sp. aumentam a superfície total do sistema radicular, possibilitando um maior acesso aos elementos minerais nele presentes. Outras são capazes de solubilizar e disponibilizar para a planta o fosfato de rocha, ferro, cobre, manganês e zinco. Também podem melhorar os mecanismos ativos de absorção de cobre, fósforo, ferro, manganês, sódio, cobalto, cádmio, cromo, níquel, chumbo, vanádio, magnésio, boro, zinco e alumínio; bem como aumentar a eficiência da planta para utilizar alguns nutrientes importantes, como o nitrogênio (LUCON, 2009).

A interação *Trichoderma*–planta em geral, ocorre na região das raízes, causando infecção das camadas externas do córtex (HARMAN; SHORESK 2007). A penetração do tecido radicular em geral, se limita as primeiras camadas de célula da epiderme pelas hifas, com produção de proteínas (hidrofobinas) que permitem a adesão à superfícies hidrofóbicas (YEDIDIA; BENHAMOU; CHET 1999) ou ocorre processo semelhante ao micoparasitismo e enrolamento nos pelos radiculares. Então se estabelece uma interação química entre planta e fungo que se comunicam por troca de moléculas bioativas. O espessamento das paredes celulares vegetais ocorrem por metabólitos produzidos pelo fungo (YEDIDIA; BENHAMOU; CHET 1999) e a produção de compostos fenólicos limita o crescimento do fungo impedindo

que se torne patogênico a planta (HARMAN; SHORES 2007). Mais de 300 proteínas da planta podem ter a expressão alterada durante o processo de interação planta-fungo sendo que muitas apresentam aumento na expressão genica. Incluem-se também enzimas do metabolismo de carboidratos e proteínas associadas a resistência e estresse. Mudanças no metabolismo como alteração de proteínas, quitinases, β glicosidases, peroxidases, proteínas com sítio de ligação sucrose sintase e metionina sintase (HARMAN; SHORES 2007) beneficiam a planta podendo ativar vias que levam à indução de resistência localizada e/ou sistêmica (SHORES, YEDIDIA; CHET 2005, YEDIDIA, BENHAMOU, CHET 1999; YEDIDIA et al., 2000; YEDIDIA et al., 2003).

A interação simbiótica entre planta-microrganismo é relacionada também com produção de compostos específicos reguladores do crescimento de plantas, enzimas hidrolíticas, sideróforos e antibióticos (BENÍTEZ et al., 2004; REINO et al., 2008; VINALE et al., 2008). Zeatina e giberelina GA3 (fatores do crescimento semelhantes às citoquininas); ácidos glucorônico, cítrico e fumárico (modificadores da acidez do solo); enzimas estimulantes da produção de fitoalexinas (Indutores) como a fenilalanina amônio liase, chalcona sintetase e antifúngicas como as quitinases e glucanases são alguns metabolitos produzidos por *Trichoderma* sp. que estão relacionados com o desenvolvimento vegetal (STACEY et al. 1996; BENÍTEZ et al. 2004).

Diferentes sinais bioquímicos incluem a produção de diferentes compostos que atuam como indutores de hormônios vegetais (etileno, ácido jasmônico e ácido salicílico) e que funcionam como ativadores das defesas químicas das plantas. Os peptídeos alameticina produzida por *T. viride*, tricokonina, sintetizada por *T. pseudokoningii*, 6-pentil- α -pirona, harzianolida (XIII) e 6 harzianopiridona (XIV) são exemplos de alguns destes compostos (HERMOSA et al. 2012).

Existem evidências da indução de resistência localizada e sistêmica por espécies de *Trichoderma* em diversas plantas para uma variedade de patógenos, além de sua influência considerável sobre o desenvolvimento das plantas (HARMAN et al., 2000).

Indução de resistência é um mecanismo de controle biológico indireto, onde a planta responde à agressão dos patógenos através da ativação dos mecanismos latentes de resistência. Esse processo ocorre quando as plantas expostas a um agente indutor, biótico ou abiótico, têm seus mecanismos de defesa ativados, não apenas no sítio de indução como também em outros locais distantes, de forma mais ou menos generalizada (ROMEIRO, 1999). Essa ativação pode durar períodos de tempo variáveis. Com a ativação destes a planta pode produzir fitoalexinas, lignina adicional das células, compostos fenólicos e outras substâncias

antimicrobianas, dos quais o *Trichoderma* apresenta capacidade de tolerância (HORSFALL & COWLING, 1980; AMORIM et al., 2011). As plantas quando levadas ao estado de indução, aumenta suas atividades de enzimas, como as quitinases, glucanases e peroxidases, que estão envolvidas nas rotas de percepção da presença de patógenos em potencial e nas rotas de sinalização bioquímica a pontos distantes do sítio onde o sinal foi originado. Com esta ação, consegue verificar o aumento nas atividades de enzimas envolvidas na síntese de componentes de resistência (KLEIFELD e CHET, 1992; ROMEIRO, 2007).

A maior parte das respostas bioquímicas de defesa das plantas permanece inativa até que esta entre em contato com os agentes desencadeadores desta resposta, como por exemplo, o tratamento com compostos químicos, conhecidos como indutores de resistência (fatores abióticos) ou pelo contato e interação com um patógeno ou um agente não patógeno, como os simbiontes (fator biótico). A Resistência Sistêmica Adquirida (RSA) e a Resistência Sistêmica Induzida (RSI) são consideradas como mecanismos de respostas de defesa distintos, mas fenotipicamente semelhantes em que as plantas, após a exposição a um agente indutor, têm seus mecanismos de defesa ativados não apenas no sítio de indução, mas também em sítios distantes do ponto de infecção, de forma sistêmica na planta hospedeira (BARRO et al., 2010).

É reconhecido pela comunidade especialista no estudo da resposta de defesa em plantas que RSA e RSI são fenômenos distintos quanto à forma através da qual são induzidos, desencadeados e mediados por mecanismos bioquímicos diferentes, mas bastante semelhantes no resultado fenotípico final que se expressa sob forma de indução de resistência com caráter sistêmico (BARROS et al., 2010).

A RSA envolve o acúmulo de proteínas relacionadas à patogênese (Proteínas RP) como mecanismos induzidos de defesa da planta, e sua indução é salicilato-dependente, podendo resultar em alterações visuais como necroses na planta, e geralmente é induzida por patógenos ou ativadores químicos.

Esta proteção sistêmica tem sido considerada de longa duração e amplo espectro, sendo efetiva contra doenças causadas por diferentes agentes bióticos, tais como vírus, bactérias, fungos e nematóides (CARR et al., 2010), pela restrição do crescimento de fitopatógenos e, conseqüentemente, na supressão ou diminuição dos sintomas de doenças.

No caso da RSI, foi demonstrado que não há acúmulo de proteínas RP, que a planta que responde à infecção através deste mecanismo, não exhibe alterações, e que o agente indutor é usualmente um microrganismo não patogênico. Estudos pioneiros de RSI em plantas de rabanete descreveram a resistência aumentada destas plantas após tratamento com a

rizobactéria *Pseudomonas* sp., WCS417r, contra a infecção de *Fusarium* sp., sendo demonstrado também que esta característica não correlaciona com o acúmulo de proteínas relacionadas à patogênese. Desta forma, foi demonstrado que este tipo indução de resposta de defesa e resistência à infecção não é salicilato dependente, sugerindo haver outra rota de sinalização associada à jasmonatos e etileno (BARROS et al., 2010).

O etileno e o ácido jasmônico também são dois reguladores de crescimento vegetal relacionados com funções de desenvolvimento, crescimento, senescência da planta e indução de resistência sistêmica. Já foi demonstrado, que o etileno é capaz de induzir a síntese de proteínas como, as quitinases, as β 1-3 glucanases e a chalcona sintase (ECKER, 1995). O ácido jasmônico induz a expressão de tioninas e inibidores de proteinases. As tioninas são proteínas de baixo peso molecular (PM 5kDa), inclusas na família das PR-13 e são tóxicas a bactérias, fungos, leveduras (ECKER, 1995).

Análises da expressão aumentada de um gene que codifica uma tionina de cevada em tabaco mostraram significativo aumento de resistência aos sintomas causados pela bactéria fitopatogênica *Pseudomonas syringae* (CARMON et al., 1993), mostrando sua atuação na RSI. Tanto a rota da RSA, quanto a rota da RSI são reguladas pela proteína NPR1 (proteína relacionada a resposta de defesa em plantas), que funciona como um modulador da comunicação entre as rotas de sinalização do ácido jasmônico e do ácido salicílico (PIETERSE et al., 2005).

A proteína reguladora NPR1 tem importante papel como transdutor da sinalização por ácido salicílico. Além de ser ativada por esse hormônio, NPR1 atua como um co-ativador transcricional da expressão de genes PR.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos em quatro locais com condições edafoclimáticas distintas, de acordo com especificações da Instrução Normativa Nº 1, de 2 de fevereiro de 2012, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no ano-safra de 2018/2019, sendo alocadas nas cidades de Ponta Grossa-PR (Região Edafoclimática 103), Céu Azul-PR (Região Edafoclimática 201), Dourados-MS (Região Edafoclimática 204) e Primavera do Leste-MT (Região Edafoclimática 401).

O município de Ponta Grossa/Paraná, está situado sob as coordenadas geográficas 25°09'52.65" latitude Sul e 50°11'25.55" longitude Oeste, com altitude de 806 metros acima

do nível do mar, solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Amarelo distrófico típico (SANTOS et al., 2018). O clima do município é classificado como Subtropical úmido (Cfb) de acordo com a classificação de Köppen), com temperatura média de 17,5°C e pluviosidade média anual de 1495 mm (IAPAR, 2016). Na Figura 1 encontram-se os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima e umidade relativa durante a condução dos ensaios. As espécies anteriores a soja eram o Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em consórcio com Aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.).

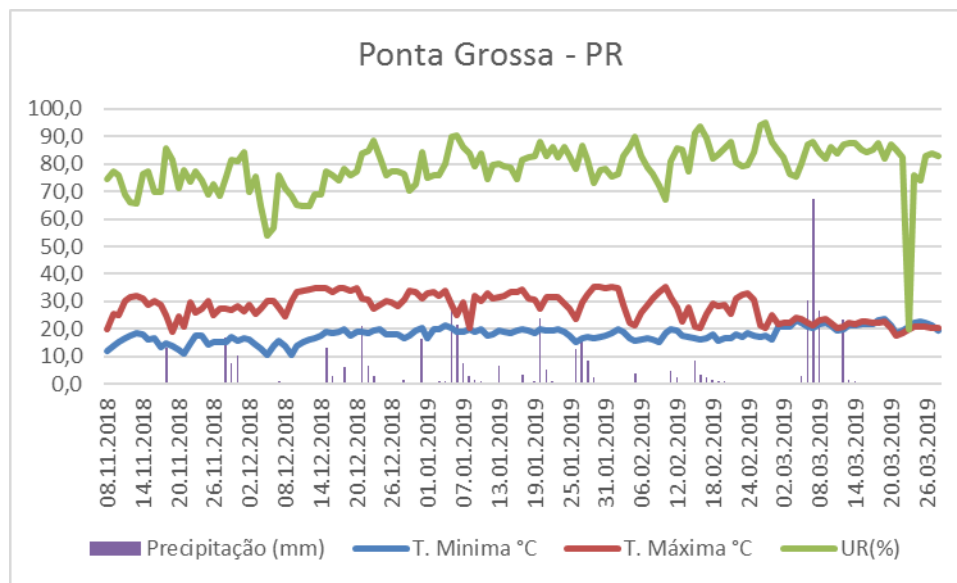


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Ponta Grossa/PR.

O município de Céu Azul/Paraná, está situado sob as coordenadas geográficas 25°6'21.93" latitude Sul e 53°45'59.79" longitude Oeste, com altitude de 663 metros acima do nível do mar, solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico (EMBRAPA, 2006). O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa, de acordo com a classificação de Köppen), com temperatura média de 18,5°C e pluviosidade média anual de 1890 mm (IAPAR, 2016). Na Figura 2 encontram-se os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima e umidade relativa durante a condução dos ensaios. A cultura anterior à soja nesta área era trigo (*Triticum aestivum* L.).

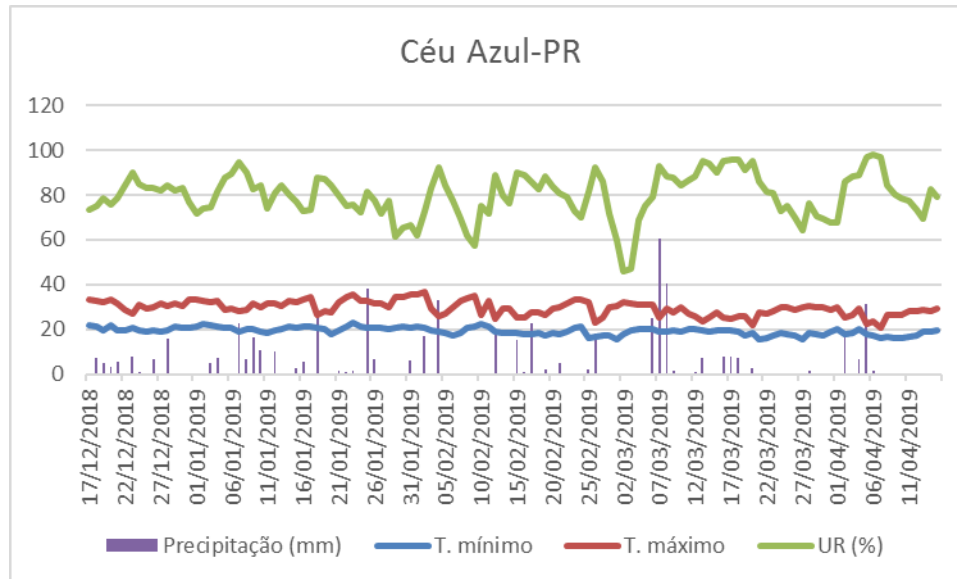


Figura 2. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Céu Azul/PR.

O município de Dourados/Mato Grosso do Sul, está situado sob as coordenadas geográficas 22°5'22.94" latitude Sul e 55°8'21.20" latitude Oeste, com altitude de 455 metros acima do nível do mar. O clima é classificado como clima de monção (Am, de acordo com a classificação de Köppen), com temperatura média de 22,7°C e pluviosidade média anual de 1428 mm (CLIMATE-DATA, 2019). Na Figura 3 encontram-se os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima e umidade relativa durante a condução dos ensaios. A espécie anterior a soja era milho (*Zea mays* L.).

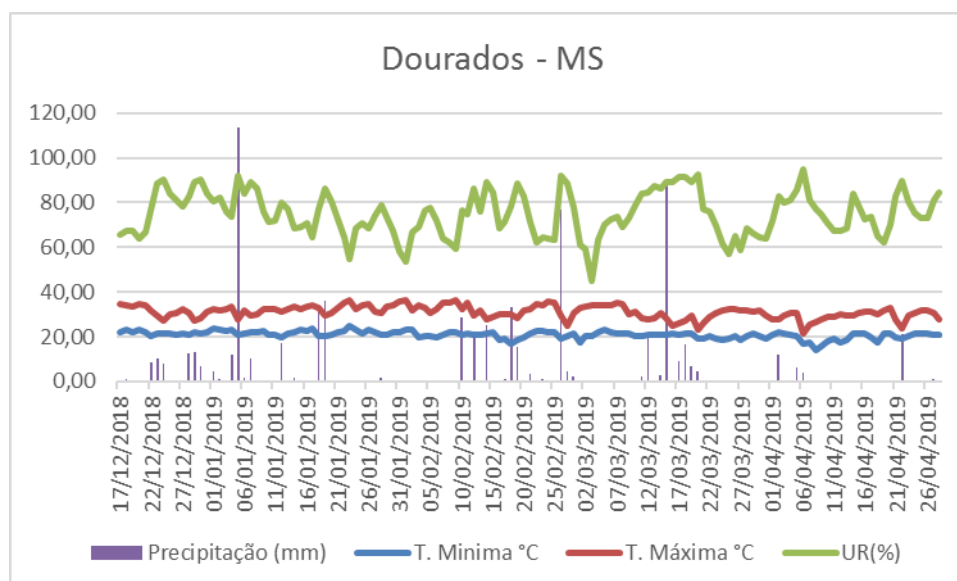


Figura 3. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Dourados/MS.

O município de Primavera do Leste/Mato Grosso, está situado sob as coordenadas geográficas 15°30'52.92" latitude Sul e 54°23'48.25" latitude Oeste, com altitude de 613 metros acima do nível do mar. O clima é classificado como Aw (de acordo com a classificação de Köppen), com temperatura média anual de 22°C e pluviosidade média anual de 1784. Na Figura 4 encontram-se os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima e umidade relativa durante a condução dos ensaios. A última espécie cultivada foi soja (*Glycine max* L.) na safra 2017/2018 e realizado “pousio” na entre safra de 2018/2019.

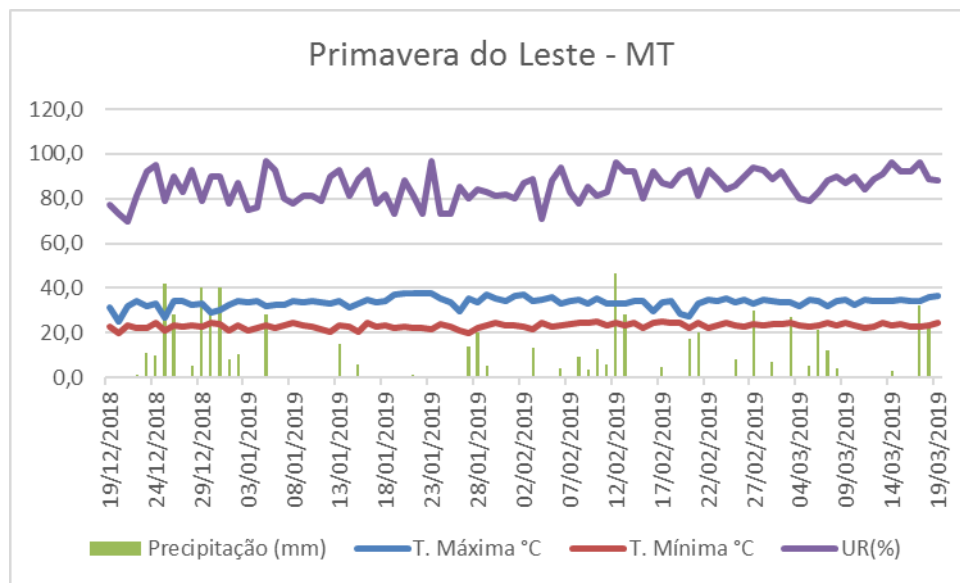


Figura 4. Precipitação pluvial (mm), temperatura máxima (°C) e mínima (°C) e umidade relativa (%) durante o período de condução do experimento no município de Primavera do Leste/MT.

Para caracterização química e física do solo de cada localidade, as amostras de solo foram retiradas antes da instalação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. Os resultados constam na Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Característica química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, 2018.

Localidade	pH H ₂ O	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P	C	MO	V	m
-----mmolc/dm ³ -----													
									mg/dm ³	g/dm ³	-----%-----		
Ponta Grossa/PR	5,3	101,5	0,0	136,8	21,6	3,9	162,3	263,8	68,6	21,3	36,7	61,5	0,0
Céu Azul/PR	6,3	32,2	0,0	121,2	18,4	9,6	149,2	181,4	30,2	25,6	44,1	82,2	0,0
Dourados/MS	6,4	29,5	0,0	84,3	16,9	7,4	108,6	138,1	40,2	6,8	10,3	78,6	0,0
Primavera do Leste/MT	6,3	29,5	0,0	65,7	15,5	2,3	83,5	113,0	9,6	7,1	12,2	73,9	0,0

Laboratório Interpartner, Ponta Grossa/PR.

Extratores: P, K, Na (Mehlich); Ca, Mg, Al (KCl 1N)

Tabela 2. Característica física do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, 2018.

Localidade	Argila	Areia	Silte
-----%-----			
Ponta Grossa/PR	26,5	56,0	17,6
Céu Azul/PR	52,0	20,7	27,3
Dourados/MS	51,0	33,3	15,8
Primavera do Leste/MT	45,2	48,5	6,4

Laboratório Interpartner, Ponta Grossa/PR.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado em ambos os experimentos, foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e dez tratamentos, totalizando 40 parcelas experimentais. Os tratamentos, foi constituído de uma testemunha absoluta, testemunha positiva (produto comercial a base de três *Trichoderma*, *T. harzianum*, *T. asperellum* e *T. koningiopsis*) e duas espécies de *Trichoderma*, *T. endophyticum* e *T. koningiopsis*, estes com quatro doses (50; 100; 150 e 200 g ha⁻¹).

Cada parcela experimental foi constituída de seis linhas de 0,50 m de espaçamento com 8,0 m de comprimento e 3,0 m de largura, totalizando 24 m². Para a coleta de dados foi utilizada as 2 linhas centrais com 6 m comprimento e 1 m de largura, totalizando 6 m² de área útil.

3.3 Preparo dos produtos à base de *Trichoderma*

Os isolados *T. endophyticum* e *T. koningiopsis*, foram colocados para crescer em placa de petri, separadamente, contendo meio BDA (batata dextrose ágar – Himedia, Índia) e incubados a temperatura de 25 °C ± 2 °C com fotoperíodo de 12 horas, por dez dias, período

determinado para o crescimento das colônias de *Trichoderma* spp. (LEITE et al., 2003), em seguida foram preparadas matrizes de cada isolado.

Para o preparo de cada matriz, em frascos de vidro de 500 gramas, foram colocados 150 gramas de arroz e em seguida, adicionou-se 30 mL de água destilada, tampou-se cada frasco com papel alumínio e estes foram autoclavados a 120 °C por 20 minutos, após resfriamento dos frascos foi preparada suspensão de conídios, raspando-se as colônias do fungo com auxílio de espátula para um erlenmeyer contendo água estéril e Twenn 20 e injetados 10 mL em cada frasco. Em seguida, os frascos permaneceram em BOD por 14 dias a 28 °C com fotofase de 12 horas. Após os 14 dias de incubação, o arroz foi lavado para separação dos esporos e preparo da suspensão de conídio.

Para produção do produto, sacos de polipropileno contendo 100 gramas de milho triturado e previamente umedecidos, foram autoclavadas à 120°C por 20 minutos. Após o resfriamento do substrato, foi realizado a inoculação de 5 mL de suspensão de conídios de *Trichoderma* em capela de fluxo laminar. Após a inoculação, as embalagens foram agitadas manualmente para homogeneização do inóculo com os substratos. Em seguida, as embalagens foram acondicionadas à 26 °C com fotofase de 12 horas durante 10 dias. Aos 10 dias, foi realizada a análise de concentração dos conídios em câmara de Neubauer e teste de viabilidade dos conídios. Foi utilizada no experimento as concentrações mínima para comercialização do produto, de 1×10^9 UFC por grama.

3.4 Implantação e manejo do experimento

Os experimentos foram implantados no ano agrícola 2018/2019, sendo as datas de início e termino do experimento descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Período de avaliação do experimento (instalação e colheita) nas quatro localidades, Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, safra 2018/2019.

Localidade	Instalação	Colheita
Ponta Grossa/PR	08/11/2018	28/03/2019
Céu Azul/PR	16/12/2018	11/04/2019
Dourados/MS	17/12/2018	26/04/2019
Primavera do Leste/MT	19/12/2018	19/03/2019

O material utilizado foi a cultivar TMG 7062 IPRO (TMG), cujas características principais são: crescimento semideterminado, com exigência média/alta em fertilidade, resistente ao acamamento, resistente ao cancro da haste, ferrugem asiática, mancha “olho-de-

rã”, moderadamente resistente a mancha alvo, suscetível ao nematoide das galhas, nematoides das lesões radiculares, nematoide do cisto, oídio e pústula bacteriana.

O plantio foi mecanizado, com uma população média de 300.000 plantas ha⁻¹, as sementes não receberam tratamento (fungicidas, inseticidas e inoculante). O manejo fitossanitário, desenvolvimento da cultura, foi feito conforme recomendação técnica. Nenhum dos experimentos foi irrigado, e, portanto, o crescimento foi condicionado pela precipitação. A adubação de base foi realizada no momento do plantio para todos os tratamentos e foi constituída de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 03-30-20.

Os tratamentos foram constituído de uma testemunha absoluta (ausência de produto, ou seja, sem inoculação de produto biológico), testemunha positiva (produto comercial a base de três *Trichoderma*, *T. harzianum*, *T. asperellum* e *T. koningiopsis*) e duas espécies de *Trichoderma*, *T. endophyticum* e *T. Koningiopsis*, ambas na concentração de 1 x 10⁹ UFC/g, com quatro doses: 50; 100; 150 e 200 g ha⁻¹, descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos e doses aplicadas nas quatro regiões nas quatro localidades, Ponta Grossa/PR, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, safra 2018/2019.

Nº	TRATAMENTOS	DOSE (mL ou g ha ⁻¹)
1	Testemunha absoluta*	-
2	Testemunha positiva**	100 mL
3	<i>T. endophyticum</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	50 g
4	<i>T. endophyticum</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	100 g
5	<i>T. endophyticum</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	150 g
6	<i>T. endophyticum</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	200 g
7	<i>T. koningiopsis</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	50 g
8	<i>T. koningiopsis</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	100 g
9	<i>T. koningiopsis</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	150 g
10	<i>T. koningiopsis</i> (1 x 10 ⁹ UFC/g)	200 g

*Tratamento com ausência de produto

**Produto comercial a base de *T. harzianum*, *T. asperellum* e *T. koningiopsis*

Os tratamentos foram aplicados em três momentos, via tratamento de sementes (utilização como inoculante) e em duas aplicações foliares, no estágio V6 e R1, da escala Fehr & Caviness (1977). Foi aplicado nas sementes de soja um volume de calda de 500 mL 100 kg⁻¹, e para as aplicações foliares foi utilizado volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Antes da semeadura, as sementes de soja foram inoculadas, sendo separadas em embalagem contendo um quilo, as aplicações dos produtos com as respectivas dosagem (conforme descrito na Tabela 4) foram realizadas manualmente em sacos plásticos com

volume de calda de 5 mL kg⁻¹ semente. Após a aplicação dos tratamentos nas sementes, foi realizada a homogeneização da mistura através da agitação manual dos sacos plásticos.

As aplicações foliares foram realizadas nos estádios V6 (cinco trifólios desenvolvidos, ou seis nós) e R1 (uma flor aberta em qualquer nó da haste principal), da escala Fehr & Caviness (1977), utilizando um pulverizador costal com pressão constante por CO₂ pressurizado, munido de uma barra contendo 6 pontas, do tipo leque numeração XR110:02 espaçadas de 0,50 cm entre si, atingindo largura da faixa de aplicação de 3,0 metros. A pressão de trabalho foi de 35 lb.pol⁻², o que resultou em um volume de calda de 200 L ha⁻¹, para todos os tratamentos.

3.4 Variáveis avaliadas

Durante o desenvolvimento da cultura foi avaliado as seguintes variáveis: estande de plantas, vigor das plantas, massa seca da parte aérea e raiz, contagem de número de nódulos e produtividade

O estande de plantas, contagem do número de plantas emergidas em 3 linhas centrais de 3 metros em cada parcela, foi avaliado no momento da emergência, aos 7 e 10 dias após a emergência (7 e 10 DAE).

O vigor das plantas emergidas foi analisado considerando-se todas as plantas emergidas na parcela aos 10 DAE, fazendo um comparativo entre a testemunha absoluta, classificando-as através de notas visuais subjetivas em uma escala de 1 a 7 onde:

Nota 1: vigor muito inferior ao da testemunha

Nota 2: vigor inferior ao da testemunha

Nota 3: vigor pouco inferior ao da testemunha

Nota 4: vigor próximo ao da testemunha

Nota 5: vigor da testemunha

Nota 6: vigor superior ao da testemunha

Nota 7: vigor muito superior ao da testemunha

A avaliação da produção de massa seca da parte aérea e das raízes, contagem do número de nódulos e massa seca dos nódulos, foi realizada no estágio de pleno florescimento, em cinco plantas por parcela, selecionadas ao acaso (evitando áreas estabelecidas para a colheita de grãos). As plantas foram coletadas com o cuidado de manter o sistema radicular, lavadas em água corrente, e realizaram-se a contagem do número de nódulos por planta, expressos em números de nódulos por planta (n^o nod. planta⁻¹). Posteriormente foram separada em parte aérea, raízes e nódulos e colocadas em estufa de secagem e esterilização,

Modelo: SL-100/1080, Marca: Solab, a uma temperatura de 65°C, até atingirem o peso constante e aferiram-se suas massas, e expressos em gramas por planta (g planta⁻¹) para massa seca de raiz e parte aérea e miligrama por planta (mg planta⁻¹) para massa seca dos nódulos.

A produtividade foi avaliada através da colheita das plantas centrais das parcelas experimentais, totalizando 6 m² por parcela. Os grãos foram limpos e pesados, com os valores corrigidos a 13% de umidade e transformados em quilo por hectare (kg ha⁻¹). No momento da colheita também foi avaliado a massa de mil grãos (MMG).

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância (ANAVA) e, quando significativas a 5%, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de significância, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Para avaliação da interferência das condições edafoclimáticas foi realizado análise conjunta utilizando o editor de planilhas Microsoft Office Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referente ao número de plantas emergidas (NPE), sete e dez dias após a emergência e vigor de plantas nas áreas de Céu Azul/PR, Ponta Grossa/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT, descrito nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 respectivamente, não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Este mesmo resultado foi encontrado por Machado et al. (2015) avaliando o efeito de *Trichoderma* spp. na emergência de plântulas e no crescimento de mudas de cambará (*Gochnatia polymorpha*).

Porém alguns trabalhos demonstram a ação positiva na emergência em plântulas de feijão (*Phaseolus vulgaris*), rabanete (*Raphanus sativus*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pepino (*Cucumis sativus*), milho (*Zea mays*), alface (*Lactuca sativa*). (KLEIFELD; CHET, 1992; LUZ, 2001; DINIZ et al.; 2006).

Ousley et al. (1993) constatou que alguns isolados auxiliaram e outros inibiram a germinação de sementes de alface. Esses resultados indicam que o mecanismo de promoção de germinação é específico, e alguns isolados podem, ainda, inibir a germinação, o que não foi observado neste estudo.

A ação do microrganismo na promoção de crescimento depende das propriedades e mecanismos de ação do organismo. Ao introduzir antagonistas no solo pode ocorrer

hiperparasitismo entre espécies diferentes de *Trichoderma*, e a introdução de um isolado no solo pode, ainda, sofrer interferência de outras espécies, acarretando efeitos diferenciados (MELO, 1998).

A ação do *Trichoderma* na germinação de sementes é através da produção de enzimas degradadoras da parede celular, induzindo a síntese de etileno nas sementes, auxinas, citoquininas e giberelinas (BENÍTEZ et al., 2004).

O estabelecimento de um estande adequado de plantas é fundamental para obter bons rendimentos, entretanto a soja é uma espécie que apresenta grande plasticidade quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas, variando o número de ramificações e de vagens e grãos por planta e o diâmetro do caule, de forma inversamente proporcional à variação na população de plantas, Não apresentando por isso diferenças significativas em rendimento em uma considerável faixa de população de plantas e de espaçamento entre fileiras (EMBRAPA, 2008).

Segundo Vazquez et al. (2008), a cultura da soja é capaz de suportar grandes reduções de população sem perdas significativas de produtividade, suportando até 45% na redução na população, sendo assim, os resultados encontrados de estande de plantas não interferiu na produtividade final.

Tabela 5. Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Ponta Grossa – PR. Safra 2018/2019.

TRATAMENTOS	NPE ^{ns}	07DAE ^{ns}	10DAE ^{ns}	Vigor
Testemunha absoluta	12,25	14,33	14,50	5,00
Testemunha positiva	12,67	15,00	15,00	5,00
<i>T. endophyticum</i> (50g)	12,50	14,58	14,75	5,00
<i>T. endophyticum</i> (100g)	13,33	15,08	15,08	5,00
<i>T. endophyticum</i> (150g)	13,00	15,33	15,58	5,00
<i>T. endophyticum</i> (200g)	13,42	15,50	15,50	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	13,58	14,75	14,83	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	13,33	15,42	15,50	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	13,50	15,75	15,92	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	13,25	15,42	15,50	5,00
CV (%)	5,42	3,93	3,42	-

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

NPE: número de plantas emergidas

Tabela 6. Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Céu Azul – PR. Safra 2018/2019.

TRATAMENTOS	NPE ^{ns}	07DAE ^{ns}	10DAE ^{ns}	Vigor ^{ns}
Testemunha absoluta	9,16	13,25	13,40	5,00
Testemunha positiva	9,00	13,00	13,25	5,00
<i>T. endophyticum</i> (50g)	9,70	13,6	13,80	5,00
<i>T. endophyticum</i> (100g)	9,60	13,70	13,80	5,25
<i>T. endophyticum</i> (150g)	9,70	13,50	13,80	5,75
<i>T. endophyticum</i> (200g)	9,00	13,08	13,30	5,25
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	9,70	13,90	14,25	5,25
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	9,75	13,90	13,60	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	9,60	13,90	14,00	5,50
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	9,25	13,70	13,60	5,50
CV (%)	5,15	4,19	3,79	7,78

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

NPE: número de plantas emergidas

Fazendo um comparativo entre cada região onde se instalou os experimentos, observa-se que na emergência houve diferença entre os locais, este fato pode ter ocorrido devido à interferência das condições climáticas ocorrida durante a condução dos ensaios de Dourados/MS e Primavera do Leste/MT. Porém na segunda avaliação houve uma recuperação destas áreas, ficando os valores próximos.

Tabela 7. Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Dourados – MS. Safra 2018/2019.

TRATAMENTOS	NPE ^{ns}	07DAE ^{ns}	10DAE ^{ns}	Vigor
Testemunha absoluta	10,83	14,00	14,08	5,00
Testemunha positiva	11,17	14,42	14,42	5,00
<i>T. endophyticum</i> (50g)	10,92	14,25	14,25	5,00
<i>T. endophyticum</i> (100g)	11,08	14,67	14,67	5,25
<i>T. endophyticum</i> (150g)	11,00	14,50	14,58	5,00
<i>T. endophyticum</i> (200g)	10,75	13,92	14,17	5,25
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	11,33	14,75	14,83	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	11,42	14,67	14,75	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	11,50	15,00	15,00	5,25
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	10,58	14,42	14,42	5,25
CV (%)	5,56	3,05	2,76	-

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

NPE: número de plantas emergidas

Tabela 8. Número de plantas por metro linear em avaliação realizada na emergência, 7 e 10 dias após a emergência da cultura da soja, e vigor de plantas de soja, cultivar TMG 7062 IPRO. Primavera do Leste – MT. Safra 2018/2019.

TRATAMENTOS	NPE ^{ns}	07DAE ^{ns}	10DAE ^{ns}	Vigor
Testemunha absoluta	9,75	13,33	13,58	5,00
Testemunha positiva	10,00	13,83	14,25	5,25
<i>T. endophyticum</i> (50g)	9,83	13,50	13,83	5,00
<i>T. endophyticum</i> (100g)	10,08	14,00	14,33	5,30
<i>T. endophyticum</i> (150g)	10,17	13,83	14,08	5,00
<i>T. endophyticum</i> (200g)	10,25	13,92	14,00	5,25
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	10,08	13,08	13,33	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	10,33	13,83	14,17	5,00
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	10,25	14,33	14,58	5,25
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	9,42	13,17	13,50	5,25
CV (%)	4,02	3,37	3,87	-

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

NPE: número de plantas emergidas

De acordo com a Embrapa (2008), para uma boa germinação e emergência, a semente de soja requer absorção de água de pelo menos 50% do seu peso seco para iniciar o processo e que além da umidade adequada, a temperatura do solo é um fator que deve ser levado no plantio, sendo a adequada entre 20 a 30°C e a ideal de 25°C, para uma emergência rápida e uniforme.

Estes resultados encontrados pode estar correlacionados com a capacidade de isolados de *Trichoderma* em promover significativos aumentos na porcentagem e velocidade de germinação, aumento no crescimento e produtividade de algumas culturas agrícolas tratadas com esse agente biológico, resultados observados em feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays*), ervilha (*Pisum sativum*), algodão (*Gossypium* sp.), pepino (*Cucumis sativus*), grão-de-bico (*Cicer arietinum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pimentão (*Capsicum annuum*), alface (*Lactuca sativa*), cenoura (*Daucus carota*) e rabanete (*Raphanus sativus*) (MELO, 1998; YEDIDIA et al., 2001; RESENDE et al., 2004; HARMAN et al., 2004; JYOTSNA et al., 2008; HOYOS-CARVAJAL et al., 2009).

A utilização de alguns microrganismos no tratamento de sementes contribui tanto na proteção das plantas contra fitopatógenos de solos como na germinação de sementes, emergência e desenvolvimento de plântulas e conseqüentemente na produção de grãos (HARMAN, 2000). Essa proteção inicial das plantas é extremamente importante para a obtenção de altas produtividades, que por sua vez dependem da formação de estande uniforme.

Segundo Jungens et al. (2016), *Trichoderma* spp. proporcionou melhora na emergência das plântulas e maior número de folhas em plântulas de canafístula, apresentando potencial para ser usado para o tratamento de sementes desta cultura.

Segundo Harman et al., 2004, quando as estruturas propagativas de *Trichoderma* adicionadas ao solo entram em contato com as raízes, estas germinam e crescem na superfície das raízes, produzindo compostos que promovem a defesa da plantas (como peptídeos, proteínas), fitohormônios que promovem o desenvolvimento das raízes, melhora a assimilação de nutrientes e a produtividade.

Apesar de promover o desenvolvimento de plantas durante seu ciclo, estudos apontam que os efeitos do *Trichoderma* sobre o processo de emergência podem não ser significativos. Resultados encontrados por Martini *et al.* (2014), onde observou que aplicação de diferentes isolados de *Trichoderma* não influenciou a germinação das sementes de arroz, e por Ethur et al. (2008) na cultura do tomateiro.

Em relação à nodulação nas plantas de soja (número de nódulos e massa seca), não observou diferenças estatística nos ensaios (Tabela 9). Este fato pode ser atribuído a não realização da inoculação no momento do plantio com a bactéria do gênero *Bradyrhizobium*, que através de um processo de simbiose com a planta, na qual se forma nódulos no sistema radicular, transforma o nitrogênio atmosférico na forma assimilável pela planta (HUNGRIA et al. (2007), sendo assim, a formação de nódulos existente nos ensaios se deu através das bactérias que estavam nestas áreas, de inoculação anteriores. Porém mesmo não aplicando bactérias que promovem a fixação biológica de nutrientes, os resultados demonstram que ficou superior aos valores indicativos de uma boa nodulação para a cultura, que variam de 15 a 30 nódulos, segundo Hungria et al. (2007).

Trabalhos mostram que a utilização de *Trichoderma* sp. e *Bradyrhizobium* sp. resultada de forma associada proporcionam melhor desenvolvimento e rendimento na cultura e que o fungo não interfere no processo de nodulação, resultados estes encontrado por Junior et al. (2014), avaliando a eficiência da inoculação combinada em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e por Cadore (2018) em soja (*Glycine max* L.)

Este fato pode ser observado nos ensaios, às sementes que receberam tratamento com *Trichoderma*, mesmo na ausência da inoculação com a rizóbio, produziram maior número de nódulos, ou seja, o tratamento pode ter contribuído para o desenvolvimento das bactérias fixadoras de nitrogênio já presentes no solo.

Tabela 9. Número e massa seca (MS) de nódulos por planta, em avaliação realizada no início do florescimento na cultura da soja, na cultivar TMG 7062 IPRO. Safra 2018/2019.

Tratamentos	Nódulos							
	Ponta Grossa		Céu Azul		Dourados		Primavera do Leste	
	Nº	MS (mg)	Nº	MS (mg)	Nº	MS (mg)	Nº	MS (mg)
Testemunha absoluta	33,65	208	18,3	82	21,50	186	25,05	172
Testemunha positiva	34,70	272	20,95	114	20,90	202	28,00	182
<i>T. endophyticum</i> (50g)	50,35	294	22,25	120	22,75	190	29,25	178
<i>T. endophyticum</i> (100g)	53,00	324	19,85	110	22,50	209	31,90	190
<i>T. endophyticum</i> (150g)	37,85	284	28,3	124	22,75	198	26,70	178
<i>T. endophyticum</i> (200g)	38,80	306	25,80	160	23,35	192	31,25	190
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	36,65	244	25,35	124	26,30	224	29,70	174
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	45,60	298	25,75	142	24,85	216	30,65	196
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	41,15	286	28,45	120	26,55	242	24,50	174
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	43,30	292	29,90	214	24,50	216	31,15	190
CV (%)	30,14	20,07	30,15	6,84	26,67	13,44	17,92	13,53

^{NS}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

Os dados referentes à massa seca da parte aérea e raiz, massa de mil grãos (MMG) e da produtividade da cultura da soja do ensaio de Ponta Grossa/PR consta na Tabela 10. Não foram observadas diferenças estatísticas para estas variáveis entre os tratamentos pelo Teste F ao nível de 5% de significância.

Os resultados observados podem ter sido influenciados pela condição climática favorável, mesmo com alguns períodos de estiagem a cultura obteve um bom desenvolvimento. Este fator também interfere na ação do *Trichoderma*, segundo Harman et al. (2004) o aumento da produtividade proporcionado por isolados deste fungo é mais evidente sob condições estressantes às plantas, sob condições próximas ao ideal, os benefícios às plantas são menos evidentes.

No plantio, que foi realizado no mês de novembro as precipitações foram menores do que o esperado, porém foram suficientes para manter condições gerais favoráveis para o plantio e germinação. Em dezembro houve períodos de estiagem, aliadas a altas temperaturas, podendo ter causado efeito no crescimento da cultura, porém no mês de janeiro e fevereiro as chuvas foram significativas, contribuindo para a recuperação hídrica do solo após o período de estiagem, compensando uma o efeito no crescimento com o maior aporte de vagens com o retorno das precipitações.

Entretanto, comparando as produtividades (Tabela 10), a parcela que recebeu o tratamento com *T. koningiopsis*, na dosagem de 150 g ha⁻¹, alcançou a maior produtividade, com média de 4065,95 kg ha⁻¹ (67,77 sc ha⁻¹), sendo que a menor média foi da testemunha absoluta com média de 3895,91 kg ha⁻¹ (64,93 sc ha⁻¹), ou seja, houve um acréscimo de produtividade de 170,04 kg ha⁻¹ ou 2,84 sc ha⁻¹, um aumento significativo, sendo a produção superior à média da região dos Campos Gerais, que foi de 3518 kg ha⁻¹ (58,63 sc ha⁻¹), segundo informação do Departamento de Economia Rural – Deral (2019).

Comparando os tratamentos com a testemunha positiva observa que esta alcançou a segunda colocação em produtividade 4049,33 kg ha⁻¹ (67,49 sc ha⁻¹), ou seja, tanto o *T. endophyticum* como o *T. koningiopsis* tem aptidão para as características desta região.

Tabela 10. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Ponta Grossa/Pr. Safra 2018/2019.

Tratamentos	Massa seca ^{ns}		MMG ^{ns}	Produtividade (kg ha ⁻¹) ^{ns}	
	Raiz	Parte aérea		kg ha ⁻¹	sc ha ⁻¹
	gramas				
Testemunha absoluta	4,25	13,40	235,78	3895,91	64,93
Testemunha positiva	4,20	13,40	239,18	4049,33	67,49
<i>T. endophyticum</i> (50g)	4,60	13,30	238,93	3940,59	65,68
<i>T. endophyticum</i> (100g)	4,15	13,20	239,25	4032,89	67,21
<i>T. endophyticum</i> (150g)	4,75	12,80	239,70	4024,02	67,07
<i>T. endophyticum</i> (200g)	5,10	12,75	238,95	4008,94	66,82
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	4,60	12,55	238,38	3969,98	66,17
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	4,65	12,30	239,93	4020,87	67,02
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	4,90	12,20	241,33	4065,95	67,77
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	4,30	12,05	239,75	4040,13	67,34
CV (%)	9,67	10,04	3,20		4,64

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

Ensaio conduzido em Céu Azul/PR, não foi observado diferenças estatísticas para a massa de mil grãos entre a testemunha absoluta e as parcelas que receberam os tratamentos, entretanto, foram observadas diferenças significativas pelo Teste Tukey a 5% para a produtividade (Tabela 11).

As parcelas que receberam o tratamento com o isolado *T. endophyticum* na dosagem de 100 g ha⁻¹ alcançou a maior produtividade, de 3303,68 kg ha⁻¹ (55,06 sc ha⁻¹), quando comparado a testemunha absoluta, o aumento foi de 356,61 kg kg ha⁻¹ (5,94 sc ha⁻¹).

Entretanto este tratamento não diferiu estatisticamente dos tratamentos: *T. koningiopsis* na dosagem de 150 g ha⁻¹, com produtividade de 3298,84 kg ha⁻¹ (54,98 sc ha⁻¹),

do tratamento *T. koningiopsis* na dosagem de 50 g ha⁻¹, com produtividade de 3223,63 kg ha⁻¹ (53,72 sc ha⁻¹) e da testemunha positiva com produtividade de 3179,36 kg ha⁻¹ (52,98 sc ha⁻¹).

Segundo Ethur et al. (2005), o comportamento de fungos de solo, como *Trichoderma*, pode se modificar quando colocado em outro ambiente.

As produtividades alcançadas com a utilização dos isolados de *Trichoderma* foi superior à média de produtividade da região, que foi de 2890 kg ha⁻¹ (48,16 sc ha⁻¹), segundo informação do Departamento de Economia Rural – Deral (2019).

Neste período de desenvolvimento da cultura as condições a região oeste sofreu com um período de estiagem, aliada a altas temperaturas, porém na área de plantio constava uma boa cobertura de palhada proporcionando umidade adequada para o desenvolvimento do *Trichoderma*, que, de acordo com Eastburn e Butler (1991), as condições ótimas de umidade estão entre 18 a 24% de umidade. Nos próximos meses de desenvolvimento da cultura, as condições climáticas foram favoráveis.

Outro fator que contribui para este resultado é a presença de matéria orgânica neste solo, o *Trichoderma* requer fonte de carbono, como fonte de energia e nitrogênio, que compõe as proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas necessárias para o crescimento e funcionamento da célula (Golueke, 1991), condições ideais encontrada neste ensaio.

Trabalho feito por Silva et al. (2009) na cultura do morango, mostrou a interação da cobertura do solo com o desenvolvimento do *Trichoderma*, onde constatou que o declínio populacional deste fungo no final da safra, quando o solo se encontrava com maior exposição, em razão da reduzida e irregular distribuição de palha na superfície.

Tabela 11. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Céu Azul/PR. Safra 2018/2019.

Tratamentos	Massa seca ^{ns}		MMG ^{ns}	Produtividade (kg ha ⁻¹)*		
	Raiz	Parte aérea		kg ha ⁻¹	sc ha ⁻¹	
	gramas					
Testemunha absoluta	4,25	13,40	200,50	2947,07	49,12	d
Testemunha positiva	4,20	13,40	213,50	3179,36	52,98	abc
<i>T. endophyticum</i> (50g)	4,60	13,30	203,00	3046,90	50,78	cd
<i>T. endophyticum</i> (100g)	4,15	13,20	204,75	3303,68	55,06	a
<i>T. endophyticum</i> (150g)	4,75	12,8	207,00	3078,26	51,30	bcd
<i>T. endophyticum</i> (200g)	5,10	12,75	201,25	3081,53	51,30	bcd
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	4,60	12,55	201,25	3223,63	51,36	ab
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	4,65	12,30	215,25	3015,63	50,48	cd
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	4,90	12,20	209,75	3298,84	54,98	a
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	4,30	12,05	203,00	3146,06	52,43	abc
CV (%)	9,67	10,04	0,34		8,50	

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

C.V (%): Coeficiente de variação.

Na Tabela 12 consta os dados referente a produtividade média e massa de mil grãos no ensaio conduzido em Dourados/MS, onde não foram observadas diferenças significativas para as variáveis analisadas.

A baixa quantidade de chuva atrasou o plantio nesta região, além disso, ocorreram dois grandes períodos de estresse hídrico (dezembro de 2018 e janeiro de 2019), além de chuvas muito esparsas em fevereiro de 2019. Para obtenção de rendimento satisfatórios de grãos, a soja requer, para cada quilograma de matéria orgânica produzida pela fotossíntese, entre 580 e 646 kg de água (MAJOR et al., 1975), sendo que água constitui aproximadamente 90% do peso da planta de soja, atuando em, praticamente, todos os processos fisiológicos e bioquímicos além de desempenhar a função de solvente, transportando gases, minerais e outros solutos na planta (EMBRAPA, 2008).

A disponibilidade da água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. Nesta fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total de água disponível nem ser inferior a 50% (EMBRAPA, 2009).

Após o início do florescimento da cultivar, a deficiência hídrica prolongada reduz drasticamente a produção. Nessa fase, é importante que a disponibilidade de água seja de 7 a 8 mm/dia (FARIAS et al., 2007), principalmente sobre as cultivares com arquitetura mais eficiente na captação de luz, em decorrência de maiores taxas de fotossíntese e transpiração (CASAROLI et. al., 2007).

Na fase de enchimento dos grãos na soja o estresse hídrico pode causar redução no tamanho e peso dos grãos além da retenção da cor verde, pois a falta de água prejudica a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da clorofila, o que resulta em alto teor de grãos verdes (BORRMANN, 2009).

Atrelada à falta de chuvas, as temperaturas máxima e mínima foram elevadas no estado, foram registradas temperaturas acima de 35°C. Temperaturas muito altas no início da fase vegetativa da planta aceleram a respiração e prejudicam tanto a síntese, quanto a translocação de carboidratos para os meristemas e a multiplicação celular, comprometendo o crescimento (EMBRAPA SOJA, 2010).

Com o estresse hídrico e as temperaturas elevadas ocorreram muitos danos no desenvolvimento da cultura, afetando as fases consideradas críticas, como frutificação e enchimento de grãos, causando também redução de porte das plantas (OLIVEIRA, 2010).

Com estas condições, aliada a um solo sem cobertura de palhada, a ação do *Trichoderma* também pode ter sido afetada, já que a temperatura e a radiação ultravioleta (UV) podem limitar o seu crescimento, podendo ser até letal. Segundo Bomfim et al. (2010) a temperatura ótima de crescimento deste fungo está em torno de 25 a 30°C, porém em alguns casos o fungo tem pleno desenvolvimento nas temperaturas acima de 40°C, entretanto à necessidade que o solo esteja em umidade ideal para o seu desenvolvimento (ALVES e CAMPOS, 2003).

Trabalho feito por Oliveira et al (2019), a luz UV afetou negativamente a germinação dos conídios de *Trichoderma* spp nos primeiros dois minutos de exposição, ao final dos oito minutos de exposição, a porcentagem de germinação foi de 2%.

Todavia, comparando a maior média alcançada que foi com aplicação de *T. koningiopsis* na dosagem de 150 g ha⁻¹ a produtividade foi de 3129,68kg ha⁻¹ (52,16 sc ha⁻¹), com a testemunha absoluta, foi observado um aumento de 221, 48 kg ha⁻¹ (3,69 sc ha⁻¹). Já com a testemunha positiva a diferença foi insignificante, não chegando a 1 sc ha⁻¹.

Segundo Federação da Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul (2019), a produtividade da região foi de 2.700,99 kg ha⁻¹ (45,02 sc ha⁻¹). Sendo que neste ensaio todos os tratamentos, incluindo a testemunha, apresentaram média superior ao da região.

Tabela 12. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Dourados/MS. Safra 2018/2019.

Tratamentos	Massa seca ^{ns}		MMG ^{ns}	Produtividade (kg ha ⁻¹) ^{ns}	
	Raiz	Parte aérea		kg ha ⁻¹	sc ha ⁻¹
	gramas				
Testemunha absoluta	3,75	7,85	246,40	2908,20	48,47
Testemunha positiva	4,15	8,15	251,33	3071,65	51,19
<i>T. endophyticum</i> (50g)	4,10	7,60	244,95	2882,92	48,05
<i>T. endophyticum</i> (100g)	3,80	8,25	258,03	3048,17	50,80
<i>T. endophyticum</i> (150g)	4,20	8,65	252,45	2993,77	49,89
<i>T. endophyticum</i> (200g)	4,05	8,30	257,60	3087,35	51,45
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	4,45	8,30	242,85	2944,29	49,07
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	4,55	8,20	248,43	3069,52	51,15
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	3,90	8,60	249,70	3129,68	52,16
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	4,10	8,25	248,13	3111,88	51,86
CV (%)	11,43	9,16	3,98		9,74

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

A produtividade e a massa de mil grãos não foram alteradas com a aplicação do *Trichoderma* no ensaio conduzido em Primavera do Leste (Tabela 13).

Esta região também sofreu com estresse climático, a falta de chuva nos meses de dezembro e janeiro afetou o desenvolvimento vegetativo, com a volta das chuvas em fevereiro, aliado a falta de luminosidade, devido a tempo nublado, a cultura não teve tempo para se recuperar, afetando seu potencial produtivo, com grãos menores e mais leves.

A cultura da soja, por ser uma planta C3 é menos eficiente na utilização de radiação solar e água, quando submetida a baixas intensidades luminosas, apresenta menores taxas de acúmulo de fitomassa e reduz o número de folhas e vagens (PEREIRA, 2002). Uma maior eficiência no uso da radiação solar também é importante para o rendimento da cultura da soja, principalmente durante o período de enchimento de grãos (SHIBLES & WEBER, 1966).

Para aumentar o uso da radiação solar a planta de soja utiliza a estratégia de fechar parcialmente os estômatos, com isso perde menos água para o ambiente, enquanto a fotossíntese continua a ser realizada, porém, em menores taxas (PEREIRA, 2002). Esse comportamento pode ser mais evidenciado na fase vegetativa, pois nesse estágio de desenvolvimento, a soja compensa a menor perda de água em condições de estresse com maior eficiência no uso de radiação. Entretanto, nos demais estádios a compensação é parcial, provavelmente, porque o requerimento de água e nutrientes é maior e insuficiente para manter a atividade fotossintética a níveis requeridos pela planta, de modo a suprir a demanda dos principais drenos da planta, grãos e vagens (CONFALONE et al., 1997).

Neste ensaio também ocorreu o florescimento precoce, fato que pode ter sido induzido atraso no plantio. As cultivares de soja respondem de forma particular à época de semeadura, sendo um dos principais fatores determinantes crescimento, reprodução e plena formação dos grãos (EMBRAPA, 2009). Como consequência a planta tem seu porte reduzido, não produz número suficiente de ramos, folhas e, em decorrência, o número de nós que reduz drasticamente as flores, resultando baixos rendimentos de grãos (MUNDSTOCK e THOMAS, 2005).

Trabalhando época de semeadura e densidade, Peixoto (2000), observou que em semeaduras tardias houve redução de produtividade, principalmente em cultivares precoces, prejudicando a altura das plantas

Apesar de não ocorrer diferença significativa, a aplicação dos produtos com microrganismo promoveu maior produtividade que a testemunha. Neste ensaio a parcela que obteve a maior média de produtividade foi o tratamento que recebeu o isolado *T. endophyticum* na dosagem de 100 g ha⁻¹, alcançando 3375,13 kg ha⁻¹ (56,25 sc ha⁻¹), um acréscimo de 296,97 kg ha⁻¹ (4,95 sc ha⁻¹) comparado a testemunha absoluta. Comparando

com a testemunha positiva a diferença foi de somente 72,4 kg ha⁻¹, quase 2 sc ha⁻¹, porém esta foi superior a todos os tratamentos com *T. koningiopsis*.

Este resultado com aplicação de microrganismo foi semelhante à média da região, que foi de 3411 kg ha⁻¹ (Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária, 2019).

Tabela 13. Massa seca da parte aérea e da raiz, produtividade média da cultura da soja e massa de mil grãos (MMG), cultivar TMG 7062 IPRO. Primavera do Leste/MT. Safra 2018/2019.

Tratamentos	Massa seca ^{ns}		MMG ^{ns}	Produtividade (kg ha ⁻¹) ^{ns}	
	Raiz	Parte aérea		kg ha ⁻¹	sc ha ⁻¹
	gramas				
Testemunha absoluta	3,60	8,40	160,75	3078,16	51,30
Testemunha positiva	3,85	8,80	166,18	3302,73	55,05
<i>T. endophyticum</i> (50g)	3,65	8,15	165,88	3309,14	55,15
<i>T. endophyticum</i> (100g)	3,90	9,65	167,80	3375,13	56,25
<i>T. endophyticum</i> (150g)	3,70	10,05	165,30	3339,74	55,60
<i>T. endophyticum</i> (200g)	4,20	8,25	164,30	3201,15	53,35
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	3,50	9,15	165,70	3190,62	53,14
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	4,35	9,70	164,55	3204,25	53,40
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	3,75	9,80	167,80	3283,04	54,71
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	4,10	9,25	166,45	3194,30	53,23
CV (%)	13,53	11,96	2,98	9,74	

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

C.V (%): Coeficiente de variação

A utilização de *Trichoderma* como estimulador do crescimento é complexa e realizada por interações com fatores bioquímicos e produção de diversas enzimas e compostos benéficos para as plantas. Característica de promotor de crescimento podem ser observada na biomassa das espécies vegetais estudadas, na eficiência que apresentam nos ganhos de biomassa de parte aérea em tratamentos sem a aplicação de microrganismos, resultados encontrados por Chagas et al. (2016) para o feijão caupi, Chagas et al. (2017) para arroz e Chagas et al. (2017).

Em experimentos com *T. endophyticum* T-22, foi demonstrado uma série de eventos que acontece na planta após a colonização de *Trichoderma*, também favorece a capacidade fotossintética da mesma, já que, o estímulo de crescimento da planta é acompanhado pelo crescimento e desenvolvimento das folhas e raízes (HARMAN et al., 2004).

Na presença de fungos do gênero *Trichoderma* foram observadas alterações no crescimento de plantas hospedeiras, resultado descrito também para plântulas de *Zea mays* cultivadas na presença de *Trichoderma*. As plantas analisadas apresentaram aumento na área e tamanho das raízes, e este foi acompanhado pelo aumento na produção de grãos (BJORKMAN et al., 1998). Resultados semelhantes também já foram descritos na interação,

Arabidopsis/T. virens sendo verificado o aumento de biomassa da raiz (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009), estando de acordo com os resultados obtidos para a região de Céu Azul.

Os autores sugerem que a auxina tem uma forte participação na promoção do crescimento em plantas, através do desenvolvimento de raízes laterais e desenvolvimento de pêlos radiculares. Foi observado o papel da auxina no crescimento de *Arabidopsis* através da utilização de marcadores deste hormônio em plantas inoculadas e não inoculadas com estas duas espécies de *Trichoderma*. Mostraram também, que *T. virens* é capaz de estimular a produção de compostos indólicos como o ácido indol-3-acético (IAA), ácido indol-3-acetaldeído (IAALD) e indol-3-etanol (TRI), que desempenham papéis na mediação de promoção de crescimento da planta, feita por *T. virens* (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009).

Para Rui-Xia Li et al., (2017), o *T. endophyticum* pode utilizar diferentes mecanismos quando confrontados com diferentes deficiências nutricionais, resultando em diferentes influências no crescimento das plantas.

Nos ensaios de Dourados/MS e Primavera do Leste/MT o estresse ocasionado pelo deficiência hídrica foi significativo. O estresse impõe a planta um gasto energético elevado que contribui para a redução da produção de biomassa vegetal (acúmulo de matéria seca) e para diminuição do potencial produtivo da espécie (CONFALONE et al., 1999), fato observado nestas duas regiões.

Secas ocasionadas durante a fase vegetativa reduzem o crescimento da planta, área foliar e o rendimento, no período de florescimento causam abortamento de flores, no desenvolvimento das vagens e início de enchimento de grãos causam abortamento de vagens e chochamento de grãos. Além disso, pode antecipar a maturação, fazendo com que os grãos sejam menores (BONATO, 2000).

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos massa secas da parte aérea das plantas e da raiz em todos os ensaios. Este fato pode ser atribuído as condições climáticas como ocorreram na interferência da produtividade, porém os resultados de Grossa (Tabela 10), Dourados (Tabela 12) e Primavera do Leste (Tabela 13) seguiram a relação com a produtividade, porém no ensaio de Céu Azul (Tabela 12) os resultados foram inversos a produtividade, sendo a maior média em massa seca da testemunha absoluta.

Ensaio conduzido em plantas de maracujá, Santos et al. (2010) observou que o uso de *Trichoderma* spp. proporciona resultados positivos no incremento de massa fresca e seca, mesmo resultado encontrado por Carvalho et al. (2011) em avaliação da inoculação de

isolados *Trichoderma* na promoção do crescimento inicial de feijoeiro comum. Efeito positivo foi observado por Jesus et al. (2011) na produção de mudas de café, aumentando a biomassa da raiz, parte aérea e total, bem como o aumento da eficiência da absorção de fósforo, quando utilizado o *T. asperellum* como condicionador de substrato. Resultados observados por Silva et al. (2012) com a utilização de isolados de *Trichoderma*, como promotores de crescimento, obtidos de solos da Amazônia aumentaram a biomassa de plantas de arroz em casa de vegetação.

A quantificação da massa seca é uma importante ferramenta para entender o comportamento de crescimento das culturas, considerando que vários processos fisiológicos estão relacionados com esta variável, porém nem sempre as plantas com a maior massa seca serão as mais produtivas (BENICASA, 2003), resultado encontrado por Teodoro et al. (2015), onde as maiores produtividade não estavam inerentes ao maior acúmulo de matéria seca, e por Perini et al., (2012), comparando os componentes da produção e o tipo de crescimento, concluindo que o índice de colheita não foi associado ao tipo de crescimento e nem com a massa seca da planta.

O acúmulo de matéria seca depende da assimilação de nutrientes pelas plantas ao longo de seu ciclo produtivo, sendo progressiva até o estágio final de produção e decresce após o enchimento de grãos (CRUZ, et al., 2010).

Harman et al. (2004) citam que além de possuírem os mecanismos de parasitar, competir, inibir fungos patogênicos e induzir a resistência de plantas, estudos têm demonstrado a capacidade do *Trichoderma* em promover o crescimento vegetal. Os autores relacionam o crescimento vegetal ao aumento do crescimento das raízes que, por consequência, pode influenciar a produtividade da planta. Em muitos casos, essas respostas são resultados dos efeitos diretos sobre plantas, como a diminuição da atividade deletéria da microflora e a inativação de compostos tóxicos na zona de raiz. Também os fungos benéficos aumentam a absorção de nutrientes e a eficiência do uso de nitrogênio, e podem solubilizar nutrientes no solo (fosfato de rocha, Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{4+} e Zn). Mesmo na ausência de patógenos, as plantas frequentemente têm raízes maiores e elevados níveis de produtividade na presença de *Trichoderma*. Também sabe-se que o *Trichoderma* pode ter contribuído para a eficiência na germinação de sementes predominantemente, devido ao controle de patógenos menores (em solo natural).

A interação *Trichoderma* – planta geralmente se dá na região das raízes, e é aí que ocorre o processo de promoção do crescimento, que está relacionada com a produção de hormônios vegetais, vitaminas, ou conversão de materiais a uma forma útil para a planta.

Assim, fungos do gênero *Trichoderma* podem atuar como bioestimulantes do crescimento vegetal, pois os mesmos promovem uma interação com as raízes, favorecendo o seu maior desenvolvimento, devido à secreção de fitormônios, permitindo uma melhor assimilação de água e nutrientes (LUCON, 2009; PEREIRA, 2012; AKLADIOUS; ABBAS, 2012).

Resultados que corroboram com os observados para o município de Céu Azul, onde a aplicação de *T. koningiopsis* na dose de 150 g ha⁻¹, *T. endophyticum* na dose de 200 g ha⁻¹, promoveram os maiores incrementos na massa seca da raiz, seguido dos tratamentos *T. endophyticum* na dose de 50 g ha⁻¹, *T. endophyticum* na dose de 150 g ha⁻¹, *T. koningiopsis* na dose de 50 g ha⁻¹, *T. koningiopsis* na dose de 100 g ha⁻¹, que também proporcionaram incrementos na massa seca.

Esse incremento pode estar relacionado principalmente com a produção de metabólitos promotores de crescimento e/ou indução da produção destes compostos nas plantas, pelos quais *Trichoderma* promove o crescimento. É bem conhecido que o IAA é a auxina mais amplamente encontrada em plantas vasculares, e tem grande importância durante iniciação e emergência das raízes laterais e adventícias, e em acelerar o desenvolvimento. De fato, o IAA nos tecidos das plantas provoca uma infinidade de efeitos, incluindo respostas eletrofisiológicas e transcricionais, e mudanças na divisão celular, expansão e diferenciação (HEDDEN; THOMAS, 2006).

Os aumentos observados na massa seca da raiz podem promover o incremento da sanidade das plantas e da capacidade de absorção de água e nutrientes. Plantas com associação deste microrganismo nas suas raízes ou rizosfera, tem a capacidade, em condições adversas, de se desenvolver e de absorver nutrientes, resultando em maior produtividade quando comparada aquelas que não possuem associação nas raízes com o *Trichoderma* (VERMA et al., 2007; MACHADO et al., 2012). Várias pesquisas demonstram estes resultados quando se utiliza fungos do gênero *Trichoderma* spp., sendo que algumas linhagens desse fungo podem apresentar a capacidade para o controle biológico (SILVA et al., 2011; MACHADO et al., 2012).

Para a variável produtividade foi realizado a análise conjunta (Tabela 14), com a finalidade de avaliar a interferência dos locais na ação do *Trichoderma* na promoção de crescimento de plantas. Visto que a produtividade de soja é dependente das características genéticas das plantas, do ambiente de produção e da interação entre esses fatores (EMBRAPA, 2008)

Tabela 14. Resumo do quadro de análise de variância conjunta.

FV	Tratamentos	Locais	Tratamentos x Locais
F _{tab}	1,93 ^{ns}	2,68*	2,72*

*Significativo a 5% de probabilidade

NS Não significativo a 5% de probabilidade

Como podemos observar na Tabela 14, a aplicação do *Trichoderma* não interferiu sobre a produtividade da soja, porém existe diferença na produtividade entre os locais e que este interfere no comportamento do *Trichoderma*, ou seja, os tratamentos variam de comportamento de um ensaio para o outro.

Diferentes condições e diferentes culturas provocam respostas diferentes do *Trichoderma*, algumas cepas exibem uma adaptação muito ampla a uma variedade de ambientes diferentes (HARMAN e BJÖRKMAN, 1998).

A produtividade (kg ha^{-1}), analisando o efeito dos locais, apresenta diferença significativa pelo teste Tukey, como demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15. Análise conjunta da produtividade (kg ha^{-1}) dos municípios de Ponta Grossa/Pr, Céu Azul/PR, Dourados/MS e Primavera do Leste/MT. Safra 2018/2019.

Tratamentos	Locais			
	Ponta Grossa	Céu Azul	Dourados	Primavera do Leste
	Produtividade kg ha^{-1}			
Testemunha absoluta	3895,91 a	2947,06 b	2908,20 b	3078,16 b
Testemunha positiva	4040,13 a	3146,03 b	3111,87 b	3194,29 b
<i>T. endophyticum</i> (50g)	4049,33 a	3179,35 b	3071,65 b	3305,73 b
<i>T. endophyticum</i> (100g)	3940,59 a	3046,90 b	2882,92 b	3309,12 b
<i>T. endophyticum</i> (150g)	4032,88 a	3303,67 b	3048,17 b	3375,12 b
<i>T. endophyticum</i> (200g)	4024,01 a	3078,26 b	2992,51 b	3339,73 b
<i>T. koningiopsis</i> (50g)	4008,94 a	3081,53 b	3073,84 b	3201,15 b
<i>T. koningiopsis</i> (100g)	3969,98 a	3223,63 b	2944,29 b	3190,62 b
<i>T. koningiopsis</i> (150g)	4020,86 a	3015,63 b	3069,52 b	3204,25 b
<i>T. koningiopsis</i> (200g)	4065,95 a	3298,84 b	3129,68 b	3283,03 b
Média	4004,86 a	3132,10 bc	3023,26 c	3247,82 b
CV (%)	6,93			

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

C.V (%): Coeficiente de variação.

Na Tabela 15 podemos observar que quando comparados os tratamentos dentro dos locais, o ensaio conduzido em Ponta Grossa diferenciou estatisticamente dos demais ensaios para todos os tratamentos. Nos ensaios de Céu Azul, Dourados e Primavera do Leste os tratamentos tiveram desempenho semelhante, não diferenciando estatisticamente entre eles.

Comparando as médias de produtividade de cada município, Ponta Grossa/PR obteve a maior produtividade ($4004,86 \text{ kg ha}^{-1}$), seguindo de Primavera do Leste/MT ($3247,82 \text{ kg ha}^{-1}$), Céu Azul/PR ($3132,10 \text{ kg ha}^{-1}$) e Dourados/MS ($3023,26 \text{ kg ha}^{-1}$). Pelas características

edafoclimáticas de Ponta Grossa/PR, é uma região que se destaca em produtividade, sendo o produtor campeão de produtividade eleito pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (Cesb) desta região.

Os resultados de produtividade também foram superiores as médias de cada região, conforme citado anteriormente. Portanto a aplicação de microrganismos na cultura da soja, na cultivar TMG 7062 IPRO, proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas de soja através da rápida emergência da cultura, proporcionando maior número de na maioria das áreas avaliadas.

Observa-se que em um dos experimentos, o melhor desenvolvimento das plantas refletiu em maior estado geral de vigor da cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento. Esta capacidade do *Trichoderma* de promover o desenvolvimento das plantas esta relacionada a sua associação simbiótica nas raízes, a decomposição e disponibilização de nutrientes e sua habilidade no controle biológico.

Segundo Harman et al. (2004) muitas vezes a ação do fungo é mais evidente sob condições estressantes às plantas, sob condições próximas ao ideal, os benefícios às plantas são menos evidentes, o que pode ser observado neste ensaios, onde Primavera do Leste/PR, a cultura sofreu com períodos de estiagem e falta de luminosidade obteve maior média de produtividade que no ensaio de Céu Azul/PR, onde a cultura teve condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento.

O *Trichoderma* é um fungo encontrado em vários ambientes, porém alguns fatores podem limitar o seu crescimento, como temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes, o pH, textura do solo e a radiação ultravioleta, sendo importante a escolha do isolado ou a espécie com maior atividade ou mais adaptado as condições ambientais onde será aplicado, para obtendo o melhor desempenho deste microrganismo, tanto na promoção de crescimento com no biocontrole (BOMFIM et al.2010).

Em relação à umidade, em condições de solo bastante seco e extremamente úmido (saturado), a atividade deste fungo pode ser reduzida, sendo as condições ótimas entre 18 a 24% de umidade. Para o pH, o fungo é favorecido em pH ácido, sendo a faixa ideal próximo de 5,0 (EASTBURN; BUTLER, 1991).

Entretanto, trabalho feito solos variando de ácido a alcalino, foi observado que o *Trichoderma* é capaz de colonizar o sistema radicular em plantas ornamentais, feijão e milho (HARMAN; BJÖRKMAN, 1998). No mesmo trabalho foi avaliado o tipo de solo, com níveis de argila e matéria orgânica, não havendo interferência com este fator.

Para temperatura, fator de grande influencia, porém há diferenças entre as espécies, trabalhos mostram resultado em faixas de temperatura entre 10 a 25°C, outros de 18 a 27°C, alguns sobrevivem ao redor de 7°C, ou mesmo altas temperaturas, chegando a 38°C (DANIELSON; DAVEY, 1973).

Segundo Howell (2003), uma forma de se obter o melhor desempenho do microrganismo é isolá-los de plantas e solos dos locais onde se deseja aplicar, isolados de *Trichoderma* nativos de um solo tem melhor adaptação aos fatores abióticos do que isolados introduzidos. Outra característica que se deve levar na utilização deste microrganismo é a concentração do inoculo (HARMAN, 2000).

Segundo Hadar et al. (1984) a concentração do inoculo pode variar em função do tipo do solo, avaliando a capacidade do *Trichoderma* como agente de biocontrole, em solos arenoso foi necessário maior concentração deste microrganismo, 10^8 conídios de *Trichoderma* por grama de solos, enquanto em solos argilosos 10^5 conídios por grama de solo foi suficiente.

É importante salientar que, apesar de não se constatar diferença significativa na comparação pelo teste estatístico para algumas variáveis, a utilização dos inoculantes geralmente resultou em efeitos positivos às plantas. Tais resultados na cultura da soja corroboram dados de trabalhos realizados pelos autores citados acima.

No entanto, não foi possível observar diferenças estatísticas para a produtividade com a inoculação de *Trichoderma*, para três estudos, através da maior germinação de sementes. Resultado que pode ser explicado pelas condições favoráveis ocorridas durante todo o estudo, sem altas pressões de doença, insetos e condições climáticas desfavoráveis.

Não foram observados resultados negativos para a massa seca e número de nódulos com a aplicação dos diferentes tratamentos, o que pode ser considerado como reflexo benéfico da interação positiva entre o micro-organismo *Trichoderma* e a população de rizóbios.

Portanto, é possível afirmar que micro-organismos *Trichoderma* notavelmente apresentam um efeito benéfico sobre as plantas, podendo resultar em aumento da produtividade das culturas, principalmente quando associado a condições estressantes para a planta.

A aplicação de *Trichoderma* via inoculação de sementes na cultura da soja e em forma de aplicação foliar, são práticas de fundamental importância visto que apresenta grande potencial de aumento na nutrição das plantas e o crescimento dessa leguminosa, ao mesmo tempo em que reduz o uso de fertilizantes químicos e promove uma mudança de paradigmas

visando o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e menos agressiva ao meio ambiente.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o estudo é possível concluir que os tratamentos *T. endophyticum* na dose de 100 g ha⁻¹ e *T. koningiopsis* na dose de 150g ha⁻¹, aplicados à cultura da soja via inoculação de sementes e via foliar foram capazes de promover aumento da produtividade da cultura.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AKLADIOUS A. S, ABBAS S M. Application of *Trichoderma harziunum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, p. 8672-8684, 2012.

ALFAIA, S. S. Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 36, n.2, p.135-140, 2006.

ALTOMARE, C.; NORVELL, W.A.; BJORKMAN, T., HARMAN, G.E. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 7, p. 2926-2933, 1999.

ALVES, F.R.; CAMPOS, V.P. Efeitos da temperatura sobre a atividade de fungos no controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 91-97, 2003.

AMBARDAR, S.; VAKHLU, J. Plant growth promoting bacteria from *Crocus sativus* rhizosphere. **Word Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, p. 2271-2279, 2013.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres. v. 1, 4.ed, p. 383 - 387, 2011.

ANVISA. Regularização de Produtos Agrotóxicos: Monografias Autorizadas. Disponível em <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/T67+-+Trichoderma+koningiopsis/a6e9eb5f-a6cc-4172-8560-4fa580abf276>>. Acesso em: 5 fev. 2019.

ARAUJO, F. F.; HUNGRIA, M.; HENNING, A. A. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.21, n.8/9, p.1639-1645, 2005.

ARSAHAD, M.; FRANKENBERGER, T.W. **Ethylene: agricultural sources and applications**. New York: Kluwer Academic, 2002. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=7U4TU0ryoAC&printsec=frontcover&hl=ptBRsource=gbs_summary_r&cad=0#PPA199,M1>. Acesso em: 10 jun 2019.

ASUMING-BREMPPONG, S. Phosphate solubilizing microorganisms and their ability to influence yield of rice. **Agricultural Science Research Journal**, v. 3, n. 12, p. 379-386, 2013.

ATZORN, R.; CROZIER, A.; WHEELER, C.; SANDBERG, G. Production of gibberellins and indole 3-acetic acid by *Rhizobium phaseoli* in relation to nodulation of *Phaseolus vulgaris* roots. **Planta**, v.175, n.4, p. 532-538, 1988.

AZEVEDO, J. L. Microorganismos endofíticos. In: Melo, I. S.; Azevedo, J.L. **Ecologia microbina**. Jaguariúna: Embrapa meio-ambiente, p. 117-137, 1998.

BARRO, S, F.C.; SAGATA, E.; FERREIRA, L.C.C.; JULIATTI, F.C. (2010). Induction of resistance in plants against phytopathogens. **Biosci. J.**, v. 26, p. 231-239, 2010.

BASSLER, B. L. How bacteria talk to each other: regulation of gene expression by *quorum sensing*. **Current Opinion in Microbiology**, v. 2, n. 6, p. 582-587, 1999.

BAUGH, C. L.; ESCOBAR, B. The genus *Bacillus* and genus *Trichoderma* for agricultural bio-augmentation. **Rice Farm Magazine**, v.1, n. 4, p. 1-4, 2007.

BENICASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BENÍTEZ, T., RINCÓN, A., LIMÓN, C., CODÓN, A. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* stains. **International Microbiology**, v. 7, p. 249-260, 2004.

BERG, G. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 84, p. 11-18, 2009.

BISSET, J. A revision of the genus *Trichoderma* III. Section *Pachybasium*. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, p. 2373-2417, 1991.

BJORKMAN T., BLANCHARD L.M. AND HARMAN G.E. (1998). Growth enhancement of shrunken-2 sweet corn when colonized with *Trichoderma endophyticum* 1295-22: effect of environmental stress. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 123, n. 1, p. 35–40, 1998.

BOMFIM, M. P.; JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALMEIDA, S. S.; SOUZA, I. V. B.; DIAS, N. O. Avaliação antagônica *in vitro* e *in vivo* de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 61-67, 2010

BONATO, E. R. **Estresse em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 254 p.

BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabolitos incolores**. 2009. 107p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2009.

CADORE, L. S. ***Trichoderma* e *Bradyrhizobium* no desenvolvimento e produtividade da soja**. 2018. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

CARMONA, M. J.; MOLINA, A.; FERNANDEZ, J. A.; LOPEZ-FANDO, J. J.; GARCIA-OLMEDO, F. Expression of the *a*-thionin gene from barley in tobacco confers enhanced resistance to bacterial pathogens. **Plant J.**, v. 3, p. 457–462, 1993.

CARR J.P.; LEWSEY M.G.; PALUKAITIS P. Signaling in induced resistance. **Adv Virus Res.**, v. 76, p. 57-121, 2010.

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JUNIOR, M.; GERALDINE, A. M. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by

Trichoderma endophyticum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 46, n. 8, p. 822-828, 2011.

CASAROLI, D. et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja – uma revisão. **Revista da FZVA**, v. 14, n.2, p. 102-120. 2007.

CHAGAS, L. F. B.; CASTRO, H. G.; COLONIA, B. S. O.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS JUNIOR, A. F. Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. **Brazilian Journal of Botany**, v. 38, n. 4, p. 1-11, 2016.

CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O. *Trichoderma asperellum* efficiency in soybean yield components. **Comunicata Scientiae**, v. 08, n. 1, p. 165-169, 2017.

CHAGAS, L. F. B.; COLONIA, B. S. O.; SANTOS, G. R.; SCHEIDT, G. N.; PORTELLA A. C. F.; SOARES, L. P.; CHAGAS JUNIOR, A. F. Rice growth influence by *Trichoderma* spp. with natural phosphate fertilization under greenhouse conditions. **International Journal of Development Research**, v. 07, n. 6, p. 13147-13152, 2017.

CHAO, W.L.; NELSON, E.B.; HARMAN, G.E.; HOCH, H.C. Colonization of the rhizosphere by biological control agents applied to seeds. **Phytopathology**, v. 76, p. 60-65, 1986.

CLIMATE-DATA. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/mato-grosso-168/>>. Acesso em: 10 jun 2019.

CONAB. **Perspectiva para a agropecuária**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf>>. Acesso em: 10 jun 2019.

CONFALONE, A.; NAVARO, M.D. Influência do “déficit” hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja. **Rev. Brasileira de Agrociência**, v.5, n.3, p.195-198, 1999.

CONTRERAS-CORNEJO, H.A.; MACÍAS-RODRÍGUES, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BICIO, J. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 149, n. 3, p. 1579–1592, 2009.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; BRUGNERA, A.; LEDO, C. A. S.; LOPES, P. V. L. Acúmulo de matéria seca e área foliar de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Oeste da Bahia. **Magistra**, v. 22, n. 2, p. 103-111, 2010.

DANIELSON, R. M.; DAVEY, C. B. Non nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 5, p. 495-504, 1973.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, J. C. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Rev. Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.37-43, 2006.

EASTBURN, D. M.; BUTLER, E. E. Effects of soil moisture and temperature on the saprophytic ability of *Trichoderma harzianum*. **Mycologia**, v.83, n. 1, p. 257-263, 1991.

ECKER, J.R. The ethylene signal transduction pathway in plants. **Science**, v. 268, p. 667–675. 1995.

EMBRAPA SOJA. Considerações sobre o florescimento precoce. Sistema de Alerta. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18115133/embrapa-esclarece-sobre-florescimento-precoce-da-soja-no-pr-sp-e-ms-->. Acesso em :10 jan. 2018.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** - região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 13).

ETHUR, L.Z. **Dinâmica populacional e ação de Trichoderma no controle de Fusariose em mudas de tomateiro e pepineiro**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2006.

ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; NICOLINI, C.; MILANESI, P.; OLIVEIRA, F. Presença dos gêneros *Trichoderma* e *Fusarium* em solo rizosférico e não rizosférico cultivado com tomateiro e pepineiro, em horta e estufa. **Ciência Rural**, vol. 38, n. 1, p. 19-26, 2008

ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M.; SILVA, A. C. F.; STEFANELO, D. R.; ROCHA, E. K. Fungos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* em pepineiro cultivado em estufa. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, n.2, p.127-133, 2005.

FAMASUL. Acompanhamento de Safra, Circular 302/2019, Soja-2018/2019 produtividade. Disponível em: <https://portal.sistemafamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf/302%20-%20BOLETIM%20SEMANAL%20CASA%20RURAL%20-%20AGRICULTURA%20-%20CIRCULAR%20302%20Produtividade%20da%20Soja%20docx.pdf>. Acesso em 05 jul 2019.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. (Circular técnica, n. 48).

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: INMET, 2009, p.263-277.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIPKE, G.M.; PAZINI, J.B.; ETHUR, L.Z. Antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. ao *Sclerotinia sclerotiorum* em diferentes temperaturas. **Magistra**, v. 27, n.1, p. 23-32, 2015.

GLICK, B. R. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, v.41, n.1, p.109-117, 1995.

GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, Cairo, v. 2012, p. 1-15, 2012.

HARMAN G. E.; HOWELL C. R.; VITERBO A.; CHET I.; LORITO M. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nat Rev Microbiol.**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004.

HARMAN, G. E.; SHOREN, M. The mechanisms and applications of opportunistic plant symbionts. In: VURRO, M.; GRESSEL, J. (Ed.). **Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management**. Amsterdã Springer, v.10, p. 131-153, 2007.

HARMAN, G.E. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v. 84, n. 4, p. 377-393, 2000.

HARMAN, G. E., LORITO, M., LYNCH, J. M. Uses of *Trichoderma* spp. to alleviate or remediate soil and water pollution. In: LASKIN, A. I., BENNETT, J. W., GADD, G. M. **Advances in Applied Microbiology**, vol. 56. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, pp. 313–330, 2004.

HARMAN, G.E.; PETZOLDT, R.; COMIS, A.; CHEN, J. (2004b) - Interactions between *Trichoderma harzianum* Strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. **Plant Physiology**, v. 94, n. 2, p. 146-153, 2004.

HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, v. 158, p. 17-25, 2012.

HORSFALL, J. G. & COWLING, E. B. Plant Disease: An Advanced Treatise. How Diseases Develop in Populations. **Academic Press**, v. 2, p. 436-452, 1980.

HOWELL, C. R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, v. 87, n. 1, p. 4-10, 2003.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological Control**, v.51. p.409-416, 2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados, 2007. 80p. (Documentos, 283).

IMEA. **Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária**. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/10042019143721.pdf>>. Acesso em 05 jul 2019.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 15 abr.2019.

JAMES, E. K.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. *Herbaspirillum*, an endophytic diazotroph colonizing vascular tissue in leaves of *Sorghum bicolor* L. Moench. **Journal of Experimental Botany**, v. 48, p. 785-797, 1997.

JESUS, E. P.; SOUZA, C. H. E.; POMELLA, A. W. V.; COSTA, R. L.; SEIXAS, L.; SILVA, R. B. Avaliação do potencial de *Trichoderma asperellum* como condicionador de substrato para a produção de mudas de café. **Cerrado Agrocência**, Patos de Minas-MG, v. 2, n.2, p. 7-19, 2011.

JUNGES, E.; MUNIZ, M. F.; MEZZOMO, R.; BASTOS, B.; MACHADO, R. T. *Trichoderma* spp. na produção de mudas de espécies florestais. **Rev. Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.23, n.2, p. 237-244, 2016.

JUNIOR, A.; RESENDE, M. L. V.; VAN LOON, L. C. Indução de resistência sistêmica por rizobactérias e comunicação na rota de sinalização para uma defesa refinada. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 13, p. 277-295, 2005.

JUNIOR, A. F. C.; OLIVEIRA, A. G.; REIS, H. B.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B.; MILLER, L. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Savana Brasileira). **Rev. de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v.37, n.1, p. 274-288, 2014.

JYOTSNA, A. S.; SRIVASTAVA, A.; SINGH, R. P.; SRIVASTAVA, A. K.; SAXENA, A. K.; ARORA, D. K. Growth promotion and charcoal rot management in chickpea by *Trichoderma harzianum*. **Journal of Plant Protection Research**, v.48, n.1, p.81-91, 2008.

KLEIFELD, G. R.; CHET, I. *Trichoderma harzianum* – interaction with plants and effect on growth. **Plant and Soil**. v. 144, n. 2, p. 267-272, 1992.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; ALVES, S. B. **Produção de fungos entomopatogênicos**. Ribeirão Preto: A.S. Pinto. 2003. 92p.

LIM, H.S.; KIM, S.; KIM, D. *Pseudomonas stutzeri* YPL-1 genetic transformation and fungal mechanism against *Fusarium Solani*, an agent of plant root rot. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, p.510-516, 1991.

LORITO, M. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 40, p. 1-10, 2008.

LUCON, C. M. M. 2008. **Trichoderma no controle de doenças de plantas causadas por patógenos de solo**. n. 77. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia_sustentavel/trichoderma.pdf>. Acesso: 03 dez 2018.

LUCON, C. M. M. **Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp.** Disponível em: http://www.infobibos.com/artigos/2009_1/trichoderma/>. Acesso em: 03 dez 2018.

LUGTENBERG, B. J. J.; CHIN-A-WOENG, T. F. C.; BLOEMBERG, G. V. Microbe-plant interactions: principles and mechanisms. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.81, n.1/4, p.373-383, 2002.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 274-288, 2012.

MACHADO, D. F. M.; TAVARES, A. P.; LOPES, S. J.; SILVA, C. F. *Trichoderma* spp. na emergência e crescimento de mudas de camarará (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.167-176, 2015.

MAHESHWARI, D.K. **Bacteria in agrobiolology: crop ecosystems**. Heidelberg: Springer, 2011. 434 p.

MAJOR, D. J. D.; JOHNRCN, J. W. Effects of day length and temperatur on soybean development. **Crop. Sci.** v. 15, n. 17, 1975.

MAPA. **Instrução normativa nº 1 de 2 de fevereiro de 2012**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-1-de-2-de-fevereiro-de-2012-Defini%C3%A7%C3%A3o-das-macroregi%C3%B5es-e-regi%C3%B5es-edafoclim%C3%A1ticas-para-soja-no-Zoneamento-Agr%C3%ADcola.pdf>>. Acesso em 05 jun 2018.

MARTINI, B. L.; ETHUR, L. Z.; DORNELES, K. R. Influência de metabólitos secundários de *Trichoderma* spp. no desenvolvimento de fungos veiculados pelas sementes e na germinação de sementes de arroz. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 86-91, 2014.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L., (Ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa, 1998. v.1. p.17-60.

MELO, I. S. de. Potencialidades de utilização de *Trichoderma* spp. no controle biológico de doenças de plantas. In: MELO, I.S. de. **Controle Biológico de Doenças de Plantas**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA-CNPDA, 1991. p. 135-156.

MELO, I.S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. Revisão **Anual de Patologia de Plantas**, v. 4, p.261–295. 1996.

MONTE, E; LOBELL, A. *Trichoderma* in organic agriculture. **V Congresso Mundial del Aguacate**. p. 725-733. 2003.

MONTEIRO, R.A., SCHMIDT, M.A., BAURA, V.A., BALSANELLI, E., WASSEM, R., YATES, M.G., RANDI, M.A.F., PEDROSA, F.O., SOUZA, E.M. Early colonization pattern of maize (*Zea mays* L. *Poales, Poaceae*) roots by *Herbaspirillum seropedicae* (*Burkholderiales, Oxalobacteraceae*). **Genet. Mol. Biol.**, v. 31, n. 4, p. 932-937, 2008.

MPIKA, J.; KÉBÉ, I. B.; ISSALI, A. E.; N'GUESSAN, F. K.; DRUZHININA, S.; KOMON-ZÉLAZOWSKA, M.; KUBICEK, C.P; AKÉ, S. Antagonist potential of *Trichoderma* indigenous isolates for biological control of *Phytophthora palmivora* the causative agent of black pod disease on cacao (*Theobroma cacao* L.) in Côte d'Ivoire, African. **Journal of Biotechnology**. v. 8, n. 20, p.5280-5290, 2009.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de plantas de lavouras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N. Características da soja. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html>. Acesso 05 fev 2019.

OLIVEIRA, A. B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidade de plantas**. Jaboticabal, 2010. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2010.

OLIVEIRA, A. G.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. **Rev.Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.

OLIVEIRA, L. L. B.; et al. Influência da Temperatura e Radiação Ultravioleta no Desenvolvimento de Isolados de *Trichoderma* spp. **Rev. Bras. meteorol.**, v. 34, n. 3, p. 423-430, 2019.

OUSLEY, M. A.; LYNCH, J. M.; WHIPPS, J. M. Effect of *Trichoderma* on plant growth: a balance between inhibition and growth promotion. **Microbial Ecology**, v.26, n.3, p.277-285, 1993.

PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Role of *Pseudomonas* putidaindol-acetic acid in development of the host plant root system. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, n.11, p.3795-3801, 2002.

PEIXOTO, A. R. Controle biológico da murcha bacteriana do tomateiro, por *Pseudomonas* spp. fluorescentes. **Ciência Rural**, v.27, n.1, p.153-160, 1997.

PEIXOTO, C. P. et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, n.1, p. 89-96, 2000.

PEREIRA, C. R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. 2002. 282 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2002.

PEREIRA, G. V. N. Promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro inoculadas com *Trichoderma* spp. 2012. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2012.

- PERINI, L. J.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina**, v. 33, n.1, p. 2531-2544, 2012.
- PIETERSE, C. M. J.; et al. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas – uma visão empresarial. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 238–244, 2009.
- PRIGENT-COMBARET, C. et al. Physical organization and phylogenetic analysis of *acdR* as leucineresponsive regulator of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase gene *acdS* in phytobeneficial *Azospirillum lipoferum* 4B and other Proteobacteria. **FEMS Microbiology Ecology**, v.65, n.1, p.202-219, 2008.
- RAAIJMAKERS, J. M. et al. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. **Plant and Soil**, v.321, n.2, p.341-361 2009.
- REINO, J. L., GUERRERO, R., HERNÁNDEZ-GALÁN, R., COLLADO, I. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. **Phytochem Rev**, v. 7, p. 89-123, 2008.
- RESENDE, M. L.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; PINHO, R. G. V.; VIEIRA, A. R. Inoculações de sementes de milho utilizando o *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.4, p.793-798, 2004.
- ROBIN, A. et al. Iron dynamics in the rhizosphere: consequences for plant health and nutrition. **Advances in Agronomy**, v.99, n.1, p.183-225, 2008.
- ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos**. Viçosa: Ed. UFV, 45 p. (Caderno Didático nº 56), 1999.
- RONCATO-MACARI, L. D. B.; RAMOS, H. J. O.; PEDROSA, F. O.; ALQUINI, Y.; YATES, M.G.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M. B. R.; SOUZA, E. M. Endophytic *Herbaspirillum seropedicae* expresses *nif* gene in gramineous plants. **FEMS Microbiol. Ecol**, n.45, p. 39-47, 2003.
- RUI-XIA LI, FENG CAI, GUAN PANG, QI-RONG SHEN, RONG LI, WEI CHEN. Solubilisation of Phosphate and Micronutrients by *Trichoderma endophyticum* and Its Relationship with the Promotion of Tomato Plant Growth. **Plos one**, v. 10, n. 6, p. 200-280, 2015.
- SAMUELS, G.J. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology, Saint Paul, Minn., US: American Phytopathological Society, v. 96, p. 195-206, 2006.
- SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, M. S.; TALAMINI, V.; FERREIRA, J. M. S.; SANTOS, F. J. dos. Influência de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial de *Thielaviopsis paradoxa*. **Scientia Plena**, Maceió-AL, v. 8, n. 4. p. 1-5, 2012.
- SANTOS, H. A. *Trichoderma* spp. **como promotores de crescimento em plantas e como antagonista a *Fusarium oxysporum***. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2008.

SANTOS, H. A.; MELLO, S. C. M.; PEIXOTO, J. R. Associação de isolados de *Trichoderma* spp. e ácido indol-3- butírico (AIB) na promoção de enraizamento de estacas e crescimento de maracujazeiro. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 966-972, 2010.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SEAB. **Departamento de Economia Rural**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=74>>. Acesso em 05 jul 2019.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v.6, p.55-59, 1966.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E. The Molecular Basis of Shoot Responses of Maize Seedlings to *Trichoderma harzianum* T22 Inoculation of the Root: A Proteomic Approach. **Plant Physiology**, v. 147, p. 2147–2163, 2008.

SHORESH, M.; YEDIDIA, I.; CHET, I. Involvement of the jasmonic acid/ethylene signaling pathway in the systemic resistance induced in cucumber by *Trichoderma asperellum* T 203. **Phytopathology**, v. 95, p. 76-84. 2005.

SIDDIQUEE, S.; CHEONG, B. E.; TASLIMA, K.; KAUSAR, H.; HASAN, M. M. Separation and identification of volatile compounds from liquid cultures of *Trichoderma endophyticum* by GC-MS using Three Different Capillary Columns. **Journal of Chromatographic Science**, v. 50, p. 358–367, 2012.

SILVA, J. B. T.; MICHEREFF FILHO, M.; RESENDE, F. V.; ISAIAS, C. O.; MARTINS, I.; MENEZES, J. E.; MELLO, S. C. M.; LIZ, R. S. Isolamentos de *Trichoderma* em solos de cultivos de morangueiro nos sistemas orgânico e convencional. Comunicado Técnico 188. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/748150/1/cot188.pdf>

SILVA, J. C.; TORRES, D. B.; LUSTOSA, D. C.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by *Trichoderma* isolates from the Amazon. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, n. 4, p. 243-250, 2012.

SILVA, V. N.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HAKAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 12, p. 1609-1618, 2011.

STACEY, G., KEEN, N. **Plant-microbe interactions**. Ed. 1. Chapman & Hall. p. 54, 60-63, 1996.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Rev. Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 01-11, 2008.

VERMA, M.; BRAR, S. K.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. Y.; VALÉRO, J. R. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. **Biochemical Engineering Journal**, v. 37, n. 1, p. 1-20, 2007.

VINALE, F., SIVASITHAMPARAM, K., GHISALBERTI, E., MARRA, R., WOO, S., WALL, G.C.; SANCHEZ, J.L. A biocontrol agent for *Pseudomonas solanacearum*. In: HATMAN, G.L.; HAYWARD, A.C. (Ed.). Bacterial wilt. **ACIAR Proceeding**, 1993.p.320-321.

WIJESINGHE, C.J.; WIJERATNAM, R.S.; SAMARASEKARA, J.K.R.R.; WIJESUNDERA, R. L.C. Development of a formulation of *Trichoderma asperellum* to control black rot disease on pineapple caused by (*Thielaviopsis paradoxa*). **Crop Protection**, v. 30, p. 300-306, 2011.

YEDIDIA, I.; BENHAMOU, N.; CHET, I. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, p. 1.061-1070. 1999.

YEDIDIA, I.; BENHAMOU, N.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Induction and accumulation of PR proteins activity during ealy stages of root colonization by tthe mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 38, p. 863-873. 2000.

YEDIDIA, I.; SHORESH, M.; KEREM, Z.; BENHAMOU, N.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv lacrymans in cucumber by *Trichoderma asperellum* (T 203) and accumulation of phytoalexins. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, p. 7343-7353. 2003.

YEDIDIA, I.; SRIVASTVA, A. K.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. **Plant and Soil**, v.235, p.235-242, 2001.